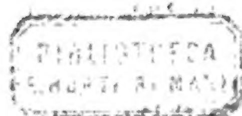
GRUNDZÜGE DER WISSENSCHAFTLICHEN BOTANIK NEBST EINER METHODOLOGISCHEN EINLEITUNG ALS ANLEITUNG ZUM...

Matthias Jacob Schleiden





DIE

BOTANIK

ALS

INDUCTIVE WISSENSCHAFT

BEARBEITET

VON

M. J. SCHLEIDEN, DR.

PROFESSOR IN JENA.

Mit 290 eingedruckten Holzschnitten, fünf Kupfertafeln und zwei Registern der Pflanzennamen und Kunstausdrücke.

Vierte Auflage.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1861.

GRUNDZÜGE

DER

WISSENSCHAFTLICHEN BOTANIK

NEBST EINER

METHODOLOGISCHEN EINLEITUNG

ALS

ANLEITUNG ZUM STUDIUM DER PFLANZE

VON

M. J. SCHLEIDEN, DR.

PROFESSOR IN JENA.



Motto: Ich bild' mir nicht ein, was Rechtes zu wissen.
Faust.



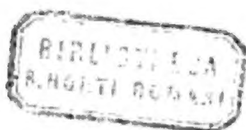
Mit 290 eingedruckten Holzschnitten, fünf Kupfertafeln und zwei Registern der Pflanzennamen und Kunstausdrücke.

Vierte Auflage.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1861.



VORREDE.

Die vorliegende vierte Auflage meiner Botanik ist ein unveränderter Abdruck der 1849 erschienenen dritten Auflage und ich glaube dies, wenn ich es auch vielleicht nicht rechtfertigen kann, doch wenigstens erklären und entschuldigen zu müssen.

Schon sehr bald nach dem Erscheinen der vorigen Auflage machte sich eine neue Auflage nöthig. Ich machte mich an die Bearbeitung derselben und es war schon fast die ganze Einleitung gedruckt. Je weiter ich aber in der Arbeit fortschritt, um so klarer wurde es mir einerseits, dass eine blosse Ueberarbeitung des Vorliegenden mir nicht mehr genügen könne, dass vielmehr eine völlige Umarbeitung von Grund aus allein dem entsprechen könne, was ich mir als das zu Erstrebende vorgesetzt hatte, andrerseits aber fühlte ich auch mit unangenehmer Deutlichkeit, dass wenigstens augenblicklich meine Kräfte einer solchen völligen Umarbeitung nicht gewachsen seien. Mit liebenswürdiger Liberalität ging der Verleger auf meinen Wunsch eines ferneren Aufschubs ein und vermaculirte das bereits Gedruckte.

Mein ernster Wunsch war, eine Arbeit zu liefern, welche sich zur dritten Auflage etwa ebenso verhielte, wie die erste zu den ihr vorhergegangenen Handbüchern. Aber gerade mit der Länge der Zeit wuchs auch die Schwierigkeit, dieser Aufgabe zu eigner Befriedigung zu genügen. Das Missverhältniss zwischen Kraft und der zu bewegenden Last wurde immer bedeutender durch den Eifer, mit welchem andere Forscher auf den zum Theil von mir vorgezeichneten Bahnen fortschritten und durch neue wesentliche Entdeckungen durchgreifende Umgestaltung der Ansichten hervorriefen oder vorbereiteten. Ein blosses Repertorium dieser neueren Arbeiten zu geben und so das schon vielfach Gedruckte noch einmal abdrucken zu lassen, konnte ich nicht über mich gewinnen; das mir allein Wünschenswerthe zu liefern, war eine meinen Kräften überlegene Aufgabe und zwar aus folgendem Grunde

Bei der ersten Bearbeitung meines Handbuchs so wie bei den beiden folgenden Auflagen durfte ich mir sagen, dass ich das gesammte Material der Wissen-

schaft ganz und wenigstens in einer solchen Weise beherrschte, wie es bis dahin noch bei keiner Bearbeitung eines Handbuchs der Botanik vorgekommen war. Nur dadurch war ich in den Stand gesetzt, das ganze Gebiet methodisch zu überblicken und so, oft durch blosse richtigere Stellung der einzelnen Lehren, denselben eine durchaus neue Bedeutung zu verleihen und reformirend in die Wissenschaft einzugreifen. Aber in der Zeit, die seit dem Erscheinen der dritten Auflage verflossen ist, hat sich das Material so massenhaft gehäuft, dass ich auf den Gedanken verzichten muss, mir dasselbe in meinem Leben je wieder in der Weise zu eigen zu machen, wie ich es für eine jetzt noch Epoche machende Bearbeitung der Botanik für unerlässlich halten müsste, und es lebt gegenwärtig wohl kein Forscher, vielleicht *H. von Mohl* ausgenommen, der behaupten dürfte, dass er den Stoff der Wissenschaft in dieser Weise beherrsche.

So blieb mir denn nichts übrig, als entweder ganz auf ein Wiedererscheinen meines Buches zu verzichten, oder mir selbst für die Art und Weise, wie es vorliegend wirklich geschieht, eine Rechtfertigung zu suchen. Der ersten Alternative trat der dringende Wunsch meines Verlegers entgegen, der den immer sich wiederholenden Anforderungen gerne Genüge leisten wollte. Das Andere gestaltete sich mir nun folgendermaassen.

Als ich mir die Frage stellte, was denn eigentlich meinem Buche den Werth gegeben, wodurch es sich eine so freundliche Aufnahme erworben, so musste ich mir sagen, dass das unmöglich in dem materiellen Inhalt, in der Summe der eignen Beobachtungen und Untersuchungen gelegen haben könne. Meine Ansichten über materielle Einzelheiten wurden Gegenstand weiterer Verhandlungen, der Erörterungen für und wider, wobei natürlich einiges der Wissenschaft einverleibt, anderes erweitert und umgearbeitet, vieles verworfen wurde. Aber es haben mir meine Gegner in dem Sachlichen zuweilen selbst gesagt, wie ich ihnen die Waffen geschliffen, mit denen sie mich bekämpft, und darin lag die Anerkennung, dass in meinem Buche die Methode eine ungleich weiter greifende Bedeutung habe, als der Stoff selbst. Ich war mit meinem Werke ganz bewusst zweien Richtungen entgegengetreten, den letzten Ausklängen der *Schelling*'schen Phantastereien, die sich speculative Naturwissenschaft nannten, und dem in der Botanik noch in voller Macht bestehenden trivialen Empirismus. Ich hatte versucht, die kindlichen und kindischen Tändeleien der *amabilis scientia* in den männlichen Ernst einer inductiven Wissenschaft hinüberzuführen. Darin, und darin allein, lag der Werth meiner Arbeit, dass der Stoff nach richtiger Methode in einem Guss bearbeitet war, und grade diese Eigenthümlichkeit konnte ich nur verderben und verwischen, wenn ich im Einzelnen daran herumcorrigirt hätte, ohne das Ganze aus vollem Holz neu formen zu können. Ich glaube, auch noch jetzt hat mein Werk in dem eben erwähnten Gesichtspunkte einigen Werth behalten und steht auch jetzt noch zwar nichts weniger als unverbesserlich und unerreichbar, aber doch durch den Gang der Wissenschaft, die sich nothwendig

zunächst dem Durcharbeiten des ganzen Stoffes nach neuer Methode zuwenden musste, begünstigt, zufällig noch als das Einzige der Art da und kann somit noch immer, wie ich glaube, Nutzen schaffen.

Repertorien über die einzelnen neueren Arbeiten giebt es genug und ich will hier nur *Willkomm's* Botanik und *Schacht's* Physiologie nennen. Auch geben unsere botanischen Zeitungen fortlaufenden Bericht über den regen Eifer und wissenschaftlichen Geist, mit dem die botanischen Aufgaben jetzt von allen jüngeren Kräften angefasst und bearbeitet werden, so dass es Jedem leicht gemacht ist, sich Kenntniss von dem Zuwachs an materiellen Einzelheiten zu meinem Buche zu verschaffen. Was die Ernährung der Pflanzen betrifft, so kann ich noch auf meine bei *Vieweg* erschienene landwirthschaftliche Pflanzenphysiologie verweisen, über die hinaus in neuerer Zeit neben vielen kleineren Detailstudien wohl nichts wesentlich neues die ganze Lehre ergreifendes erschienen ist. Ueber die Einzelheiten des Zellenlebens sind doch immerhin die Specialarbeiten von *Mohl*, *Schacht*, *Pringsheim*, *Cohn* und Anderen nicht zu entbehren. Durchgreifende und Epoche machende Arbeiten über die Einzelheiten der Morphologie sind in neuerer Zeit, so viel ich sehen kann, nicht erschienen.

So blieben mir denn hier nur noch einige bedeutende Punkte zu besprechen übrig, die allerdings zu dem wesentlichen Charakter meines Buches in näherer Beziehung stehen.

I. Für die ganze Einleitung, soweit dieselbe die philosophischen Grundlagen der Naturforschung berührt, habe ich hier auf zwei Schriften aufmerksam zu machen, die seit dem Erscheinen der dritten Auflage meines Buches an's Licht getreten sind. Das erste ist *Apelt's* Theorie der Inductionen *, das einzige gründliche und exacte Werk, welches wir bis jetzt über diesen Gegenstand besitzen. Das andere ist von allgemeinerer Bedeutung, ich meine *Apelt's* Metaphysik **. Dies Buch, welches dem Umfange nach *Fries's* Vernunftskritik und Metaphysik vereinigt, in der Gedankenentwickelung, weil es nicht überall, wie jene beiden Werke, die Schwierigkeiten der ersten Auffindung der philosophischen Principien zu überwinden hatte***, ebenso klar und einleuchtend durch innere Consequenz als scharfsinnig und tief ist, halte ich nächst der erwähnten Vernunftskritik von *Fries* bei weitem für die bedeutendste philosophische Arbeit, die in unserm Jahrhundert erschienen ist †.

Uebrigens glaube ich, dass grade der philosophische Theil meiner Einleitung gegenwärtig am wenigsten auf Aufmerksamkeit und Theilnahme rechnen kann. Eine Erscheinung, die jedem, der sich umschaut, unvermeidlich entgegentritt, ist die, dass fast alle tüchtigen, geist- und kenntnissreichen Männer

* *E. F. Apelt*, Die Theorie der Induction, Leipzig 1854.

** *E. F. Apelt*, Metaphysik, Leipzig 1857.

*** Was dem Verständniss der *Kant*'schen Schriften noch hinderlicher war.

† Siehe meine Mittheilungen darüber in der A. A. Zeitung 1857, No. 122 Beilage und folgende.

unter unsern jüngeren Zeitgenossen, besonders auf den sämmtlichen naturwissenschaftlichen und die Naturwissenschaften berührenden Disciplinen, sich mit Ekel und Verachtung abwenden, wenn sie nur das Wort Philosophie nennen hören. Dies ist ihnen keineswegs zu verargen, denn jener Abscheu gilt dem halb verrückten, halb unbeholfenen Gewäsch *Hegel's* und seiner Nachtreter, dessen Verkauf unter dem Namen Philosophie die preussische Schulpolizei eine Zeitlang auf dem grossen wissenschaftlichen Markte erzwungen hatte. Sobald diese fremdartige Macht aufhörte sich geltend zu machen, musste nothwendig jene Reaction eintreten. Da aus politischen Gründen der Einfluss jener Marktpolizei sich leider weit über die Grenzen des preussischen Staats erstreckte, so ist auch den meisten der jüngern Zeitgenossen nicht einmal die Möglichkeit geworden zu erfahren, dass es in der That eine wirkliche Philosophie, die die höchste Vollendung und Abrundung der wissenschaftlichen Ausbildung ist, giebt, und dass *Hegel* zu *Kant* und den wahren Philosophen sich ungefähr eben so verhält wie ein moderner Astrolog zu *Newton* und den Astronomen. — Indess die Sache liegt nun einmal factisch so, dass ein allgemeiner Widerwille gegen Philosophie da ist, und mir bleibt wenig Hoffnung, dass bei dem Reichthum specieller naturwissenschaftlicher Aufgaben, an denen sich noch lange alle tüchtigen Kräfte versuchen können, die philosophischen Interessen sobald wieder in den Vorgrund der geistigen Entwickelungen treten werden.

II. Die arme Lebenskraft, die allerdings schon lange von gesunder Naturphilosophie getödtet, doch noch an manchen Orten als unglückliches Gespenst herumwankte, wird durch die kräftigen Beschwörungen der Naturforscher von einem Fleck nach dem andern verbannt. Dafür sind jetzt wieder entscheidend die Arbeiten der neueren Chemiker, insbesondere die glänzenden Experimente von *Berthelot*. Es ist gelungen, auf synthetischem Wege aus absolut unorganischen Elementen Ameisensäure, Glycerin, Fettsäuren, Fette, gährungsfähigen Zucker und so weiter zu erzeugen. Kein tüchtiger Chemiker zweifelt mehr daran, dass die synthetische Darstellung der eiweissartigen Stoffe über kurz oder lang ebenso gelingen muss, und damit ist in den Fetten, Kohlenhydraten, und Proteinverbindungen das ganze wesentliche Bau- und Nähr-Material der Organismen gegeben und der erfahrungsmässige Beweis geliefert, dass die Stoffe im Organismus durchaus nur derselben Gesetzmässigkeit unterliegen, wie ausser demselben.

III. Durch ein einfaches klares Wort des Engländers *Darwin* * ist auch endlich die Teleologie ** aus der Naturwissenschaft vollständig heraus und in die erbauliche oder poetische Rede, wohin sie gehört, verwiesen worden. *Darwin* stellt in seiner Arbeit über die Entstehung der Arten ein Princip hin, wel-

* *Charles Darwin* über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich u. s. w. übersetzt von Dr. *H. G. Bronn*. Stuttgart 1860.

** Vergl. *Schleiden* Studien. Leipzig 1857. Die Beseelung der Pflanzen.

ches er das der natürlichen Züchtung nennt. Es lässt sich am reinsten und richtigsten, wie mir scheint, so aussprechen: »In der Natur entsteht alles, was unter den gegebenen Bedingungen entstehen kann*, davon bleibt aber nur das andauernd, was unter den gegebenen Bedingungen auch bestehen kann. Was besteht, ist also natürlich den gegebenen Bedingungen anpassend, da alles andere nach kürzerem oder längerem Kampfe mit den seinem Bestehen nicht entsprechenden Bedingungen untergeht.« — Neben diesem klaren Ausspruch erscheint fernerhin die Rede von einem durch die Natur erstrebten und erreichten Zwecke als einfach albern.

IV. Noch bedeutender ist das angeführte *Darwin*'sche Werk in einer andern Beziehung. Fast der einzige Punkt der Naturphilosophie, in welchem ich mich mit den Ansichten meines Lehrers *Fries* nicht einverstanden finden konnte, welcher zu öfteren Besprechungen mit ihm und meinem Freunde *Apelt* Veranlassung gab, war das Gesetz der Specification** und dessen Begründung. Mir schien die letztere durchaus unzulänglich und das angebliche Gesetz selbst nur der letzte Nachhall der Aristotelischen *οὐσία ὡς μόρφη (εἶδος)* und der damit aufs innigste zusammenhängenden realistischen Abstraktionsweise der Scholastiker. Ich meinte einzusehen, dass jene klaren und scharfsinnigen Köpfe das genannte Gesetz nur deshalb aufgestellt und den Versuch einer Rechtfertigung desselben unternommen hätten, weil nach dem augenblicklichen Stande der naturhistorischen Disciplinen die Natur selbst jener Hypostasirung des Artbegriffs entgegen zu kommen schien. Ich hatte dagegen schon in meiner »Pflanze und ihr Leben«*** auf die grosse Bedeutung der Varietäten und ihre Entstehung grade durch den Saamen bei veränderten Ernährungsverhältnissen einer Pflanze aufmerksam gemacht, in meiner landwirthschaftlichen Pflanzenphysiologie † ausführlicher den Uebergang einer Spielart in eine ächte Art besprochen und schliesslich mich grundsätzlich in einem Aufsatze »über die Einheit des Menschengeschlechts«†† über die Constanz der Arten als mit dem erfahrungsmässigen Ergebniss unserer Naturforschung unvereinbar, ausgesprochen. In gleichem Sinne hatten schon lange vorher *Geoffroy St. Hilaire* (1795), *Lamark* (1809) und viele andere Naturforscher sich für den allmäligen Uebergang der Arten in einander erklärt, bis schliesslich *Darwin* sich mit umfassenden Vorstudien an die Behandlung dieser Frage machte und in einer glänzenden Arbeit die Sache zwar nicht definitiv erledigte, aber doch als ein nun nicht mehr zu umgehendes Capitel in die Naturwissenschaften einführte†††.

* Darunter sehr viel höchst Unzweckmässiges, z. B. Missgeburten, oder in Hamburg geborene Löwen u. s. w.

** Vergl. *Apelt's* Metaphysik S. 583.

*** Fünfte Auflage. S. 336. Anm. 2.

† Braunschweig bei *Vieweg* 1850. S. 127, 198, 325 u. s. f.

†† *Westermann's* Monatshefte April 1860.

††† Hiernach wäre das S. 635 f. Gesagte umzustellen.

Der Grundgedanke wird nun der: In der Natur giebt es keine Arten, sondern nur Individuen, die sich in ununterbrochenem Flusse unter stetiger Veränderung ihrer Merkmale aus einander entwickeln. Der Artbegriff ist ein Hülfsmittel des denkenden Verstandes, unter welchem er die für eine längere Zeit in einer gewissen Menge von Merkmalen übereinstimmenden Individuen zusammenfasst.

Wenn man die Copulation bei verschiedenen Algen zu der von *Pringsheim* entdeckten ächten geschlechtlichen Zeugung (vergl. Nr. V.) zählen darf, so leidet es keinen Zweifel, dass diese nicht nothwendig der Vermehrung der Individuen dient, denn bei verschiedenen Copulationsvorgängen gehen zwei Individuen zu Grunde, um nur ein neues zu bilden. — *Radlkofer* meint in seiner Arbeit über den Befruchtungsprocess im Pflanzenreiche u. s. w., indem er das Verhältniss der geschlechtlichen Zeugung zu den anderen Fortpflanzungsarten bespricht, »in dem Befruchtungsprocess wesentlich das Mittel sehen zu dürfen, dessen sich die Natur bedient, um die Species in ihrer vollen Integrität entsprechend dem ursprünglichen Bauplane zu erhalten«. Mir scheint das directe Gegentheil richtiger. — Was ich in meiner Botanik schon früher besprochen, dass die grössere Aehnlichkeit des durch Knospenbildung entstandenen Individuums mit der Mutterpflanze auf der längeren und innigeren Verbindung desselben mit der Mutterpflanze beruhe, während der geschlechtlich befruchteten Keimzelle von Anfang an eine bei weitem freiere und selbstständigere Entwickelung gestattet sei, ist später von *Nägeli** weiter ausgeführt worden und er zieht denselben Schluss aus den bekannten von ihm reich mitgetheilten Thatsachen, den auch ich daraus ziehe und folgendermaassen ausspreche: Jede Veränderung in den Lebensverhältnissen, insbesondere in der Ernährung, von der ein Pflanzenindividuum betroffen wird, kann in demselben nur verhältnissmässig äusserst geringe oder unwesentliche Veränderungen hervorrufen, aber die Einwirkung macht in einer unserer Beobachtung noch nicht zugänglichen Weise sich in dem Apparate der geschlechtlichen Zeugung geltend und die aus solcher Zeugung hervorgegangenen neuen Individuen offenbaren in neuen und mannigfaltigen Formen die abändernden Einflüsse, welche die Mutterpflanze erfahren hat. So bedient sich die Natur der Fortpflanzung grade als Mittel, die strenge Wiederholung gleicher Typen zu umgehen und den neuen Individuen die Möglichkeit zu gewähren, sich veränderten äusseren Verhältnissen conform zu entwickeln. Die geschlechtliche Fortpflanzung dient dazu, allmälig die Individuen aus einem Artbegriff in den andern überzuführen.

V.** Die wichtigste Entdeckung der letzten Zeit, welche hier noch kurz zu

---

* *Nägeli,* die Individualität in der Natur. Zürich 1856. S. 196 ff. besonders S. 200 und 201 Anm. 1.

** Das Folgende giebt die Kritik für alle Besprechungen der Fortpflanzung in diesem Buche an die Hand, insbesondere für §. 204—208.

besprechen wäre, ist die von *Pringsheim* über den wahren Vorgang bei der geschlechtlichen Zeugung im Pflanzenreich*.

Es war ein sehr glücklicher Zufall, dass vor einem Vierteljahrhundert die Untersuchungen über die Pflanzenzelle mit denen über die thierische Zelle durch die Arbeiten von *Schwann* und mir gleichzeitig zur Sprache gebracht wurden. So blieb die Lehre vom Zellenleben gleich von vornherein von der Einseitigkeit bloss zoologischer oder botanischer Betrachtungsweise frei. Die Zelle wurde gleich als allgemeines organisches Bildungselement anerkannt, der Unterschied der thierischen und pflanzlichen Zelle nur in dem der letzteren in der weiteren Entwickelung zukommenden Zellstoffüberzug gefunden und in der einfachen Primordialschlauchzelle ein beiden Reihen gemeinschaftlicher Ausgangspunkt gegeben, von wo aus sie sich in divergirenden Reihen entwickeln.

Ein ähnlicher glücklicher Zufall hat die Entdeckungen von *Barry, Meissner, Bischoff, Leuckart* u. s. w. mit denen von *Hofmeister, Pringsheim, Cohn* u. A. zeitlich zusammentreffen lassen, so dass der wesentliche Vorgang bei der geschlechtlichen Zeugung sogleich von vorn herein als etwas nicht den Pflanzen oder Thieren eigenes, sondern als ein der organischen Welt gemeinsamer Process erkannt werden konnte. Dies Allgemeine besteht nun darin, dass eine (unfertige?) Zelle oder der einer Zelle äquivalente Bildungsstoff als Eichen entsteht, aber auch ohne zu einem neuen Individuum sich fortzubilden wieder vergeht, wenn nicht der (meist bestimmt geformte) Inhalt einer anderen Zelle (als befruchtenden Zelle) in das Eichen eindringt, sich mit dessen Inhalt vermischt und so die Fortentwickelung des Eichens zu einem neuen Individuum hervorruft.

Die bestimmte Gestaltung des Befruchtungsstoffes, meist als bewegliche Saamenfäden, geht durch das ganze Thierreich, das Eindringen der Saamenfäden in das Eichen darf man als für alle Thierclassen nachgewiesen annehmen, da die Beobachtungen sowohl an niederen Thieren als an mehreren Abtheilungen der höchst entwickelten, der Wirbelthiere, gemacht worden sind.

Bei den Pflanzen kennen wir jetzt die Eizellen bei allen Pflanzengruppen, mit Ausnahme der Flechten und Pilze. Der Befruchtungsstoff ist in bestimmter Form, meist ebenfalls als Saamenfaden gestaltet, gefunden bei den Algen und den kryptogamischen Blattpflanzen. Das Eindringen des Befruchtungsstoffes in die Eizelle ist beobachtet bei den Algen und darf bei den übrigen genannten nach den vorliegenden Beobachtungen mit Sicherheit erschlossen werden. Bei Flechten und Pilzen sind die Beobachtungen zur Zeit noch so weit zurück, dass man weder die Eizelle noch den Befruchtungsstoff kennt, letzteren nur in einigen Gebilden vermuthet.

Bei den Phanerogamen kennt man wohl mit Sicherheit die Eizellen, nämlich

* Eine vortreffliche Darstellung alles bis dahin über diesen Gegenstand in der Wissenschaft Gearbeiteten giebt: *Radlkofer* der Befruchtungsprocess im Pflanzenreich u. s. w. Leipzig 1857.

die entschieden vor der sogenannten Befruchtung im Keimsack vorhandenen Keimbläschen, aber der Befruchtungsstoff wird nur im Inhalt der Pollenzelle vermuthet, ob mit Recht, bleibt wohl noch dahin gestellt. Es scheint gewiss zu sein, dass der Pollenschlauch nie in den Keimsack eindringt und sich an denselben nur anlegt, häufig an Stellen, die von den der Wand des Keimsacks fest verbundenen Keimbläschen weit entfernt sind. Hier bleibt noch eine wesentliche Lücke und ich möchte vorläufig doch die Phanerogamen als Kryptogamen im *Linné*'schen Sinne bezeichnen. Bei der durchgehenden Einförmigkeit des Befruchtungsprocesses in seinen wesentlichen Zügen von den niedrigsten bis zu den höchsten Thieren, bei der völligen Uebereinstimmung der Algen, Charen, Lebermoose, Moose, Farn, Equiseten und Rhizocarpeen mit den Thieren in Bezug auf die Hauptpunkte, scheint es mir zur Zeit wenigstens noch sehr unwahrscheinlich, dass bei den Phanerogamen plötzlich ein wesentlich verschiedener Vorgang sich geltend machen sollte. Ich glaube, hier sind noch Entdeckungen von der Zukunft zu erwarten.

Für diese meine Ansicht möchte ich nun zunächst die sogenannte Parthenogenesis * bei den Pflanzen einstellen. — Gewöhnlich entwickelt sich das Keimbläschen zum Embryo allerdings nur nach vorgängiger Einwirkung des Pollens auf Saamenknospe oder Narbe. Bei vielen Pflanzen (*Cannabis*, *Mercurialis* u. s. w.) ist durch ihre Diöcie die Möglichkeit gegeben, den Einfluss des Pollens auszuschliessen. Nichtsdestoweniger entwickelt sich bei denselben häufig das Keimbläschen zum regelmässigen Embryo. Also — würde ich daraus vorläufig schliessen — enthält der Pollenschlauch nicht den befruchtenden Stoff, wenn schon seine Einwirkung auf die zu befruchtenden Pflanzentheile eine so bedeutende ist, dass in der Regel ohne dieselbe die Befruchtung auch unterbleibt.

Man ist der Annahme einer Parthenogenesis in den genannten Fällen mit der Hinweisung darauf entgegengetreten, dass man auf die Möglichkeit einzelner übersehener Staubfadenblüthen bei jenen Diöcisten aufmerksam machte. Dagegen liesse sich wenig einwenden, wenn nicht ein anderes Verhältniss hier sehr entscheidend erschiene, nämlich das ganz verschiedene Verhalten der Narben bei geschehener oder verhinderter Einwirkung des Pollens. Die Narben bleiben, welken nicht, ja wachsen noch weiter, wenn der Einfluss des Pollens ausgeschlossen wird. Dieser Punkt, auch von *Radlkofer* mit Recht betont, scheint mir zur Zeit noch sehr entscheidend und ist von Gegnern ** mit sehr ungerechtfertigtem Stillschweigen übergangen worden. Man wird hier unwillkürlich an die Phantasien von *Henschel* *** erinnert, der den Pollen als ein die weitere

* Vergl. *Radlkofer* die wahre Parthenogenesis bei Pflanzen in *Siebold* und *Kölliker* Zeitschr. f. w. Zoologie, 1857 — und Derselbe über das Verhältniss der Parthenogenesis zu den anderen Fortpflanzungsarten. Leipzig 1858.

** *Karsten*, das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis. Berlin 1860.

*** Ueber die Sexualität der Pflanzen. Breslau 1820.

Entwickelung der Pflanze hemmendes Gift ansah und ihm nur die Function zuschrieb, die Narben zu vernichten.

VI. Durch die *Pringsheim*'sche Entdeckung der ächten geschlechtlichen Zeugung ist in dem Entwickelungskreislauf des pflanzlichen Organismus ein fester bei den verschiedenen Pflanzenformen vergleichbarer Ausgangspunkt gegeben worden, auf den sich die anderen Vermehrungsweisen der Pflanze durch Knospen (Sprossenbildung) und isolirte unbefruchtete Zellen (Sporen) beziehen lassen. Dadurch gewinnen wir dann die Möglichkeit, ja die Nothwendigkeit, eine eigenthümliche höchst interessante Erscheinung aus dem Leben der Thierwelt in analoger Weise auf die vegetabilische Entwickelung zu übertragen, nämlich die Erscheinung des Generationswechsels. Derselbe besteht darin, dass die aus verschiedenen sich folgenden Fortpflanzungsarten entstehenden neuen Individuen nicht sogleich wieder den mütterlichen Typus darstellen, sondern erst nach einer bestimmten Reihe von zwei bis drei Generationen zu dem ursprünglichen Typus zurückkehren. Aehnliche Erscheinungen zeigen auch die Pflanzen und wir mögen dieselben immerhin vorläufig auch mit der Bezeichnung »Generationswechsel« belegen; die Deutung im Einzelnen wird aber wohl noch längere Zeit vielfach dem subjectiven Ermessen anheim gestellt bleiben müssen, ohne zu einer festen, wissenschaftlichen Beurtheilung erhoben werden zu können. Hier tritt nämlich sogleich als Warnungsruf der Gedanke dazwischen: die Pflanze ist kein Thier. Was für die organische Welt im Ganzen feststeht und daraus unmittelbar folgt, gilt natürlich auch für beide Producte der organisirenden Kraft; aber daneben bestehen auch zahlreiche Verschiedenheiten, wodurch eben die Pflanze zur Pflanze, das Thier zum Thier wird. Die Uebertragung irgend einer Erscheinung aus einem Gebiete in das andere nach blosser Analogie ist also niemals wissenschaftlich gerechtfertigt, so lange nicht nachgewiesen ist, dass die fragliche Erscheinung schon aus dem Begriff des Organismus überhaupt folgt *. Das Zellenleben als Grundlage, die geschlechtliche Zeugung in einer ganz bestimmten Form sind jetzt allerdings als für beide Reiche gemeinsam geltend inductorisch aus der Erfahrung gewonnen worden, aber daraus ist noch keineswegs der Generationswechsel, der zuerst in der Thierwelt entdeckt wurde, als eine Folge abzuleiten und Erscheinungen, die sich uns in der Pflanzenwelt zur Vergleichung darbieten, sind doch zur Zeit immer nur als ähnliche, nicht als gleiche aufzufassen. Wenn es gewiss ist, dass Pflanze und Thier, als Organismen auf gleiche Grundlage gebaut, mannigfache Uebereinstimmungen und Analogien zeigen müssen, so ist doch auch nicht minder unbestreitbar, dass sie in ihrem Verhältnisse zum Stoff directe Gegensätze darstellen, indem das Thier organische Substanzen als solche durch seinen Lebensprocess und seinen Tod vernichtet, die Pflanze dagegen lebt um fortwährend wieder unorganische Stoffe in den Kreislauf des Organischen einzu-

---

* Vergleiche die folgende Einleitung S. 105.

führen. Beide sind in dieser Beziehung gegenseitig Bedingung und Bedingtes. Dieser Gegensatz muss sich nothwendig auch in dem ganzen Wesen der Pflanze geltend machen und wird sich vielleicht auch bei der vorwiegenden Wichtigkeit der Vermehrung der Individuenzahl als bestimmendes Moment zeigen. — Ferner scheint es in der Aufgabe, fortwährend unorganischen Stoff zu organischem umzuwandeln, auch enthalten zu sein, dass die Pflanze von Zelle zu Blatt und Stengelglied fortwährend neue Theile bildet und dass ihre äusseren Organe im Ganzen durch keine typische Zahl beschränkt erscheinen. Damit hängt aber, wie es scheint, aufs engste eine Verschiedenheit in der thierischen und pflanzlichen Natur zusammen, dass nämlich bei der Pflanze im Gegensatz zum Thiere die Individualität der Pflanze entschieden gegen die Individualität des Elementarorgans zurücktritt. Daher ist es so schwer und eine auch durch die neueren Untersuchungen und Betrachtungen *Braun's, Nägeli's* und *Radlkofer's* noch nicht gelöste Aufgabe, den Individualitätsbegriff für die Pflanzenwelt streng wissenschaftlich festzustellen. — Mit Recht bemerkt aber *Radlkofer*, wie die Auffassung der Erscheinungen des Generationswechsels aufs engste mit der Vorstellung von der Individualität der Pflanze zusammenhängt. Wenn wir daher wohl glauben dürften, z. B. bei Moosen und Farnkräutern, eine scharfe Anwendung des Generationswechsels, etwa nach unten stehenden Schema *, rechtfertigen zu können, so ist doch in den meisten andern Fällen die Sache noch bei weitem weniger klar und wird für eine richtige Auffassung und Aussprache noch eine viel tiefer in die Natur der Pflanze eingedrungene Forschung voraussetzen.

So mag denn dieses Buch hingehen und sich umschauen, ob es noch Freunde finden wird, die es freundlich aufnehmen.

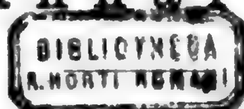
Jena, im October 1860.

M. J. Schleiden, Dr.

---

*	Moose	Farne
Geschlechtliche Zeugung —	Seta und Kapsel —	Farnkraut und Sporophyll
Fortpflanzung durch unbefruchtete Sporen —	Grossamme = Vorkeim —	Amme = Vorkeim
Fortpflanzung durch Knospenbildung —	Amme = Moosstengel und Blatt	
	Doppelter Generationswechsel	Einfacher Generationswechsel.

Inhalt.



Methodologische Grundlage.

Die Botanik als inductive Wissenschaft.

Allgemeiner Theil.

Zweiter Abschnitt. Von den Zellen im Zusammenhang und den dadurch gebildeten Räumen.

Zweites Capitel. Das Leben der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt. Die einzelne Zelle für sich.

Seite

Drittes Buch. Morphologie.


BIB   CA
R. HORTI ROMANI

Methodologische Grundlage.

Einleitung.

Duae viae sunt atque esse possunt ad inquirendam et inveniendam veritatem. Altera a sensu et particularibus advolat ad axiomata maxime generalia, atque ex iis principiis eorumque immota veritate judicat et invenit axiomata media; atque haec via in usu est. Altera a sensu et particularibus excitat axiomata, ascendendo continenter et gradatim, ut ultimo loco perveniatur ad maxime generalia; quae via vera est, sed intentata.

Baco von Verulam, Novum organon.

In der Geschichte der Menschen können wir füglich drei Bildungsstufen unterscheiden. Zuerst wirkt das dringende Bedürfniss, der Mensch schaut um sich und sucht nach den Mitteln, diese Bedürfnisse zu befriedigen. Wenn er aber satt ist, tritt eine gewisse geistige Leere ein, er sehnt sich nach Beschäftigung, und Neugier bewegt ihn, sich mit den ihn umgebenden Gegenständen bekannt zu machen, sie zu unterscheiden, sie zu ordnen, und so sammelt er das Material für die dritte Stufe seiner Ausbildung, wo er als denkender Geist eingreift in die Masse der Erscheinungen, sich ihres inneren gesetzlichen Zusammenhanges bewusst zu werden sucht und so sich zur Wissenschaft erhebt.

Diesem gemäss können wir auch die Geschichte der Botanik in drei grosse Perioden abtheilen, die sich freilich nicht streng nach Jahreszahlen abmessen lassen, da sich die zweite und dritte natürlich schon in einzelnen immer bestimmter und bewusster hervortretenden Erscheinungen in der ersten und zweiten vorbereiten. Die erste Periode umfasst die ganze Zeit von den Anfängen menschlicher Bildung überhaupt bis ins späteste Mittelalter. Von *Theophrast* und *Dioskorides*, dessen *Materia medica* die Grundlage aller spätern botanischen Werke wird; bis auf die Kräuterbücher und Herbarien des Mittelalters finden wir kaum etwas Anderes als die Aufzählung der Pflanzen, deren wirklicher oder eingebildeter Nutzen sie der genaueren Kenntniss der Menschen empfahl. Bis auf die beiden *Bauhine* (bis 1550) finden wir selbst meistens nur die Phrasen des *Dioskorides* abgeschrieben oder für Pflanzen, die diesem noch unbekannt waren, ähnliche kurze Angaben für ihre Anwendung in der Medicin nachgebildet.

Von da an greift der menschliche Forschungsgeist allmälig weiter und in dem Zeitraum von *Rajus* und *Tournefort* bis auf die Linné'sche Schule, die Akme dieser Periode, bildet sich das Streben aus, eine möglichst vollständige Uebersicht der Pflanzenformen und eine genaue scharfe Charakterisirung der Einzelnen zu gewinnen. Als Durchgangsperiode wichtig und nothwendig trägt diese Zeit doch eigent-

lich nur den Charakter einer mühsam vereinzelte Notizen sammelnden Neugier. Als durchaus bezeichnend für die von unserm jetzigen Standpunkte betrachtet freilich geistlose Art der Behandlung der Botanik, von der sich selbst der grosse *Linné* nur in einzelnen glücklichen Momenten genialer Erhebung und gleichsam in Ahnung einer bessern Zukunft losmachen konnte, kann man die Worte *Boerhaave's* (*Histor. natural.*) anführen, wo er die Wissenschaft folgendermassen definirt:

»*Botanica est scientiae naturalis pars, cujus ope felicissime et minimo negotio plantae cognoscuntur et in memoria retinentur.*«

Erst in der neuesten Zeit entstand die eigentliche wissenschaftliche Botanik. Zwar hatten sich schon früher allmälig Anatomie, Physiologie, Geographie der Pflanzen u. s. w. als einzelne untergeordnete Theile der Botanik geltend zu machen gesucht, aber noch lange sahen die sogenannten Botaniker, d. h. die lebendigen Namenregister, mit einer Art mitleidigen Achselzuckens auf die, wie sie meinten, blosser Neugier und unbrauchbarer Grübelei dienenden Bestrebungen herab. Das sogenannte natürliche System, die durchdringende und allseitige Erkenntniss der Pflanzen vorbereitend, brach sich nur allmälig und unter heissen Kämpfen Bahn und ist kaum in der neuesten Zeit zu etwas allgemeinerer Anerkennung gelangt, obwohl es noch vielfach selbst von seinen Anhängern gänzlich missverstanden wird. Aber wir dürfen doch jetzt sagen, die Zeiten sind vorbei, wo ein Mann, der 6000 Pflanzen mit Namen zu nennen wusste, schon deshalb ein Botaniker, einer der 10,000 Pflanzen zu nennen wusste, ein grosser Botaniker genannt wurde, und die ehemals sogenannte systematische Botanik ist an ihren rechten Platz, die blosse Handlangerschaft der ächten und eigentlichen Wissenschaft, zurückgedrängt worden. Die Frage, mit welchem Manne wir diese Periode ächt wissenschaftlicher Pflanzenforschung beginnen sollen, kann von Verschiedenen verschieden beantwortet werden, weil wir diesem Anfange noch zu nahe sind und zum Theil in ihm selbst befangen leben. Ich halte mich fest davon überzeugt, dass die Nachwelt *Robert Brown* als Denjenigen bezeichnen wird, dessen eminentes botanisches Genie die neuere Zeit heraufbeschwor. In diesem originellen Geiste durchdrangen sich alle verschiedenen Zweige des botanischen Wissens zu einem harmonischen Ganzen, ihm kamen die nothwendigen Beziehungen der einzelnen Theile, ihr relativer Werth und ihre gegenseitige Verknüpfung zuerst zum klaren Bewusstsein, durch ihn erhob sich die Kenntniss der Pflanzenorganismen zu einer lebendigen, organisch gegliederten Wissenschaft, deren Ziel vollständige Einsicht in die gesetzmässige Entwickelung des Pflanzenlebens ist*.

Nach diesen Bemerkungen ist es kaum nöthig, erst ausdrücklich darauf aufmerksam zu machen, dass in einer Disciplin, deren wissenschaftliche Behandlung noch so jungen Ursprungs ist, die kaum beginnt, sich unter der Leitung richtiger Methode zu entwickeln, — dass hier sich noch grosse Lücken finden müssen, dass ein grosser Theil ihres Gehaltes noch in schwankenden Aussprüchen, in den noch durch keine wissenschaftliche Vergliederung gesicherten Conceptionen einzelner genialer Köpfe bestehen müsse.

Vergleichen wir aber die verschiedenen Handbücher, die in den letzten dreissig Jahren über die Botanik erschienen sind, so verschieden in Form und Inhalt, so verschiedene Gesichtspunkte verfolgend bei dem, was sie für das Aechte, Wesent-

* Und doch schrieb dieser grosse Mann kein System, kein grosses Buch wie so viele Andere, die längst vergessen sein werden, wenn *Rob. Brown's* Name noch in unauslöschlichem Ruhme glänzt.

liche ausgeben, und selbst wo man es am wenigsten erwarten sollte in der Hinstellung der Thatsachen selbst sich so oft unmittelbar widersprechend, bemerken wir endlich, was das Allerauffallendste zu sein scheint, dass Irrthümer, die schon vor dreissig Jahren widerlegt wurden, noch in den neuesten Werken erscheinen, Beobachtungen, die schon Jahrhunderte alt sind, noch zur Stunde ihren Einfluss auf die Wissenschaft nicht geltend gemacht haben — alles Thatsachen, wozu jedem Kundigen leicht die Beispiele einfallen werden, oder die man aus dem speciellen Theile dieses Buchs entlehnen mag, — so wird man darauf hingeführt, dass in der Botanik noch ein anderer Grundfehler versteckt sein müsse, der die Schuld trägt, dass sie nicht zu irgend einem, wenn auch noch so geringen, aber gesicherten wissenschaftlichen Besitze gelangen könne, dass sie noch kein Fundament gelegt, welches, als unerschütterliche Grundlage, ihren allmäligen Ausbau erlaubte, dass vielmehr jede umfassendere neue Behandlung der Wissenschaft nicht etwa zum alten gesicherten Schatze neue Edelsteine hinzufügt und so als fortbildend und fördernd erscheint, sondern bis auf die allerersten Grundlagen alles Alte über den Haufen wirft und Alles neu wieder aufführt, so dass wir in der That so viele Systeme als Mitarbeiter an der Wissenschaft haben.

Um sich diese Erscheinung verständlich zu machen und zugleich den Punkt zu finden, wo möglicher Weise allein Abhülfe gesucht werden kann, müssen wir die Geschichte der Menschheit noch in anderer Weise verfolgen, als oben für die Botanik geschehen. In aller Bearbeitung der Wissenschaften treten sich stets zwei Methoden als unmittelbare Gegensätze gegenüber. Einerseits ist es die dogmatische Behandlung, die schon Alles weiss, der mit ihrem augenblicklichen Standpunkt die Geschichte ein Ende erreicht hat, die ihre Weisheit wohl vertheilt und wohl geordnet vorträgt und von ihren Schülern keinen andern Bestimmungsgrund zur Annahme des Gehörten fordert, als das *αὐτὸς ἔφα*. Dieser in ihrem ganzen Wesen falschen Weise tritt nun die andere entgegen, die wir für die reine Philosophie die kritische, für die angewandte Philosophie und für die Naturwissenschaften die inductorische Methode nennen, die sich bescheidet noch wenig zu wissen, die ihren Standpunkt von vorn herein nur als eine Stufe in der Geschichte der Menschheit ansieht, über welche hinaus es noch viele folgende und höhere giebt, die aber freilich auch nur als ihr folgende angesehen werden können, und die ihre Schüler auffordert, sie zu begleiten und unter ihrer Anleitung im eigenen Geiste und in der Natur zu suchen und zu finden, die daher für alle ihre Sätze an den Schüler die Gewissheit des selbst Erfahrenen bringt und selbst da noch nützt, wo sie irrt, weil sie den Schüler zur Selbstthätigkeit, zum eigenen geistigen Leben erzieht, während die dogmatische Methode auch da, wo sie zufällig die Wahrheit hat, noch schadet dadurch, dass sie den Schüler um sein eigenes geistiges Leben, also um das einzige des Strebens Würdige betrügt. Freilich ist die erste Methode in ihrer strengsten Consequenz eine an sich unmögliche und jeder Einzelne, der ihr anhängt, muss immer mehr oder weniger eine Zeitlang der letzten Methode gefolgt sein, um nur zur dogmatischen Behandlungsweise kommen zu können, und seine wissenschaftliche Thätigkeit wird daher sehr verschiedenartige Abstufungen darbieten, je nachdem er mehr oder weniger die allein richtige zweite Methode in Anwendung gebracht und in seiner Darstellung durchscheinen lässt*. Verfolgen wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die Geschichte der Menschheit, so sehen wir, wie aller Fort-

* Man vergleiche hier die klare Entwickelung dieser beiden Methoden in *Fries*, *Reinhold*, *Fichte* und *Schelling*, Leipzig 1803. S. 132—165 und 245 ff.

schritt in den einzelnen Disciplinen immer nur an die Herrschaft der inductiven und kritischen Methoden geknüpft ist und wie sich die einzelnen Wissenschaften erst ganz allmälig eine nach der andern das Bewusstsein der allein richtigen Methode erobern. Für die Philosophie hat nun zuerst *Kant* den Faden mit Bewusstsein aufgenommen und *Fries*, mit eminentem Talente für Selbstbeobachtung und Abstraction begabt, die Methode des Kriticismus in völliger Reinheit und Klarheit festgestellt, aber leider sind die Meisten sehr bald wieder von diesem rechten Wege abgewichen und es ist nicht vorherzusagen, wann und wie hier das Richtige allgemeine Anerkennung finden wird. Sehr treffend sagt hierüber *Fries* (a. a. O.): »Die Leichtigkeit der Mittheilung und die voreilige Sucht nach einem vollständigen System haben das Dogmatisiren zur gewöhnlichsten wissenschaftlichen Methode gemacht. Wollte man aber anstatt dessen die kritische Methode allgemein machen, so würde man nicht nur mehr Geist in alle Speculation bringen (woran freilich nicht Jedem gelegen wäre), sondern überhaupt dahin gelangen können, alle theoretischen Wissenschaften nach einem bestimmten Plane zu bearbeiten und in aller Speculation auf einen geraden Fortschritt zu kommen, bei dem man nicht immer genöthigt würde, von Zeit zu Zeit das früher Gesagte zurückzunehmen. Es würde dann keiner wissenschaftlichen Revolution mehr bedürfen, sondern alle Verbesserungen müssten sich in friedliche Reformen verwandeln, bei denen das früher Gefundene doch immer als Wahrheit stehen bliebe, wobei man aber freilich an der schnellen Production vollendet scheinender Systeme verlieren würde.«

In den Naturwissenschaften zeigt sich mir die Sache folgendermaassen. Die wenigen grösstentheils astronomischen Kenntnisse, deren allmälige Sammlung wahrscheinlich Jahrtausende in Anspruch genommen hatte, gingen als Tradition auf die Griechen über, mit denen in der Geschichte zuerst eine selbstständige und selbstbewusste Geistescultur beginnt. Da die Geister aber im Wesentlichen andern Interessen zugewendet waren, blieben die traditionell empfangenen Naturkenntnisse in physikalischen Mythen und höchstens in theogonischen und kosmogonischen Träumereien befangen. Die allgemeine Verbreitung des Christenthums emancipirte zuerst die Naturwissenschaften, indem es die physikalische Mythologie der Griechen völlig durch die ethischen Mythen der Juden verdrängte. So gab es merkwürdiger Weise gleich in seinem Entstehen und eben durch seinen Sieg gerade seinem schlimmsten Feinde die Fähigkeit, sich zu der Macht zu entwickeln, der es dereinst in seinem historisch dogmatischen Theile, also so weit es Menschenwerk ist, rettungslos unterliegen wird. Indessen war durch Befreiung von Mythologie den Naturwissenschaften nur die Möglichkeit gesunder Entwickelung gegeben und selbst die völlige Ausmerzung der theogonischen und kosmogonischen Träumereien erforderte noch einen langen Kampf, der erst durch *Galilei*, *Keppler* und *Baco v. Verulam* im Ganzen für die inductiven Methoden entschieden wurde. Mit sehr verschiedenem Glück haben sich hier nun die einzelnen Disciplinen der richtigen Methode bemächtigt und mit Ausnahme der Astronomie, der Physik und Chemie ist wohl noch keine in der Erkenntniss des richtigen Weges so weit fortgeschritten, dass kein Rückfall in die dogmatisirende Spielerei zu fürchten wäre. Haben wir doch noch in unserm Jahrhundert erlebt, dass Zoologen in einer so rein historischen, einzelne Thatsachen sammelnden Wissenschaft die Thorheit begingen, dogmatisirend die Zahl der Arten, Geschlechter u. s. w. zu bestimmen und die aus dem Widerspruch mit der Wirklichkeit entstehenden Lücken des Systems als noch

zu machende Entdeckungen zu bezeichnen. Wenn nämlich alle Disciplinen, die die sogenannte unorganische Welt zu ihrem Gegenstande haben, mehr oder weniger bewusst und mehr oder weniger rein der allein richtigen Methode der Induction folgen, so sind es dagegen gerade die Wissenschaften von der organischen Natur, welche am längsten im geistlosen Dogmatismus verharrten und erst jetzt allmälig anfangen, sich zu befreien. Hier ist der Kampf auf dem Gebiete des thierischen Organismus am lebhaftesten entbrannt und offenbar für die inductive Methode, der fast alle ausgezeichneten Physiologen jetzt folgen, so gut wie entschieden, da neben dem so frisch und freudig anwachsenden Reichthum der Erfahrung, neben den Schritt für Schritt gewonnen werdenden Resultaten und Lösungen schwieriger Aufgaben sich die gänzliche Unfruchtbarkeit und geist- (nicht phantasie-) lose Leerheit der dogmatisirenden Physiologie von Tag zu Tag kläglicher ausnimmt. So gut ist's nun der Botanik noch nicht geworden. In ihr hat der Kampf kaum erst begonnen und sie hat noch durch so manche andere Verhältnisse eine so durchaus schiefe Richtung erhalten, dass ihre Sache nicht so bald zu Ende geführt sein wird, wenn nicht Diejenigen, die den richtigen Gesichtspunkt einmal erfasst haben, fest zusammenhalten und mit allem Ernst den lästig sich aufdrängenden dogmatisirenden Träumereien sich widersetzen. Zwei Verhältnisse muss ich hier nämlich noch berühren, welche einmal das späte Erwachen der Wissenschaft vom Organismus, zweitens die ungünstigere Stellung der Botanik insbesondere betreffen.

Das erste ist nämlich das Verhältniss dieser Disciplin zur Philosophie. Durch die ganze Geschichte der Menschheit sind es Philosophie und Naturwissenschaft, die den Faden fortspinnen, aber stets mit wechselnder Herrschaft und immer gegenseitig einander Bahn brechend und die grossen Fortschritte vorbereitend. So war es die Philosophie, welche die Menschheit allmälig bei den Griechen zum Bewusstsein ihrer Macht brachte, indem sie den Menschen geistig übte, bis er sich im Mittelalter die Naturwissenschaften erfinden konnte. Die grossen Entwickelungen, die sich nach der Entdeckung von Amerika bis auf *Newton* ergeben, gehören ganz den Naturwissenschaften an. Dann aber lernte die Philosophie die im Gebiet der Natur erfundenen inductiven Methoden auch auf das Gebiet des Geistes anzuwenden, und so entstanden die fruchtbaren psychologischen Forschungen besonders der englischen Schule, welche in Verbindung mit *Newton's* naturphilosophischen Vorarbeiten *Kant* die Grundlage für seine unsterblichen Entdeckungen gaben, die dann von *Fries* weiter ausgebildet wurden. Nun aber hat umgekehrt die Naturwissenschaft erst wieder von der Philosophie zu empfangen und ihr nächster sicherer Fortschritt hängt von der allgemeinen Anerkennung der gesunden Kantisch-Friesischen Philosophie ab. Jedem Fortschritt muss nämlich stets die richtige Erkenntniss der zu lösenden Aufgabe und die richtige Fassung derselben vorhergehen. Ungleich leichter waren diese in den Disciplinen der unorganischen Natur bei den viel einfachern Verhältnissen zu finden, unendlich schwierig dagegen bei den so complicirten Verhältnissen der Organismen. Hier versteckt sich die empirische Unfähigkeit immer hinter die Vieldeutigkeit unbestimmter und mangelhafter Abstractionen, über welche die gesunde Empirie selbst keine Macht hat, deren Aufklärung sie vielmehr allein von der Philosophie erwarten muss. Hier sind die Worte: Organismus, Leben, Trieb, Seele u. s. w. eben die Deckmäntelchen der Unwissenheit oder Unklarheit und hier kann nur die gesunde philosophische Ausbildung sagen: »D i e s ist der richtige Gang der Abstraction, damit werden wir auf d i e s e bestimmten Unterschiede geführt, mit denen wir dann als Zeichen gerade d i e s e s bestimmte Wort verbin-

den.« Einem solchen Verfahren entziehen sich aber alle die auf dogmatischen Irrwegen sich verlierenden Philosophen, unter den neuern insbesondere die Schelling'sche und Hegel'sche Schule, und so sind die Anhänger derselben auch der alleinige Widerhalt der verwerflichen Behandlungsweise der Wissenschaft von den Organismen. Der Kampf gegen sie kann aber nur auf dem Gebiete der Philosophie entschieden werden; innerhalb der Naturwissenschaften selbst kann man sie nur entweder mit der factischen Verworrenheit ihrer Begriffe, oder mit ihrer Unwissenheit in den empirischen Thatsachen *argumento ad hominem ad absurdum* führen; eine andere Widerlegung ist auf unserm Gebiete gar nicht möglich. An eine Aussöhnung und Ausgleichung zweier etwa gleich berechtigter und gleich fehlerhafter Gegensätze ist hier durchaus nicht zu denken; der ganze Kampf ist vielmehr erst mit der völligen Vernichtung und Ueberwindung Derer beendigt, die dem Dogmatisiren in Philosophie und Naturwissenschaft, in Staat und Kirche das Wort reden, und mit der unbedingten Anerkennung der kritischen und inductorischen Methode als der allein richtigen, der allein Fortschritt sichernden und zugleich jede gewaltsame Umwälzung unmöglich machenden*.

Der zweite hier noch zu berührende Punkt betrifft nun aber die Botanik allein. In ihrer bisherigen unglücklichen Stellung liegt ein Hauptgrund, weshalb wenig oder nichts gethan ist, sie dem langen Schlaf, in den sie versunken gewesen ist, zu entreissen, sie einer kräftigen und gesunden Entwickelung entgegenzuführen und auch sie des geistigen Reichthums und Lebens theilhaftig zu machen, dessen sich alle übrigen Disciplinen in unserm Jahrhundert erfreuen. Es ist unzweifelhaft die höchste Stufe geistiger Ausbildung, wenn das reine Wohlgefallen am Wahren das genügende Interesse wird, um Kraft und Zeit einer bestimmten Aufgabe zu widmen. Dergleichen hochgebildete Menschen gab es und giebt es aber nur äusserst wenige, und so wird stets ein anderweitiges fremdher angeregtes Interesse hinzukommen müssen, wenn ein Mensch bedeutende Kräfte irgend einer Thätigkeit zuwenden soll. Im Ganzen der Menschenbildung gilt nun ganz dasselbe Gesetz und die geistigen und materiellen Kräfte werden sich der Fortbildnng bestimmter einzelner Disciplinen um so gewisser und reichlicher widmen, in je engerer und unentbehrlicherer Beziehung dieselbe zu dem Getriebe des menschlichen Lebens, seinen Bedürfnissen und Vermittelungen steht. So wie nun Raum und Zeit gleichsam den Rahmen bilden, in dem sich das ganze Menschenleben ausspannt, gleichsam die Zeichnung geben, die von allen übrigen Verhältnissen nur den Schmuck der Farben erhält, und so also ausnahmlos jedem menschlichen Verhältniss als das Erste und Unerlässliche zu Grunde liegen, so sind es daher auch die Mathematik und die Astronomie, die aus Raum und Zeit ihre Gesetzmässigkeit entwickeln, denen von jeher die grössten geistigen und materiellen Kräfte zugewendet wurden; der Kalender allein sichert den Mathematikern und Astronomen die beständige Theilnahme der Menschen.

Alle übrigen Disciplinen haben nun aber ein sehr verschiedenes Verhältniss zum Leben. Wir müssen hier zweierlei vorläufig unterscheiden, was weiter unten genauer zu besprechen ist. Indem wir irgend eine Gruppe von Gegenständen zum Vorwurf unserer geistigen Thätigkeit machen, können wir zwei verschiedene Aufgaben unterscheiden, die beide sehr verschiedenen Werth haben. Die eine ist gleichsam eine Fortsetzung der schon beim Kinde beginnenden Uebung in der Unter-

* Vergl. meine Abhandlung: *Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft. Leipzig 1844.

scheidung und Benennung der einzelnen Gegenstände. Hieraus bildet sich, sobald sie wegen der Menge der Objecte und der daraus hervorgehenden Schwierigkeit, unterscheidende Merkmale aufzufinden, wissenschaftliche Hülfsmittel in Anspruch nimmt, die Systematik. Diese ist aber eigentlich immer nur Dienerin der wirklichen Wissenschaft. Die zweite Aufgabe ist aber die vollständige Beantwortung der ebenfalls in jedem geistig lebhaften Kinde schon sich hervordrängenden Frage, warum? Wir sollen die Kräfte erkennen, die den Gegenständen eigen sind, die Naturgesetze, die aus diesen Kräften sich ableiten lassen; das Verhalten der einzelnen Gegenstände unter diesen Naturgesetzen uns zur Einsicht bringen und so uns eine Herrschaft über die Körper erwerben, um auf diese Weise mehr und mehr dem Geiste die Natur zu unterwerfen. Nun stehen aber die verschiedenen Körper in der Natur in einem sehr verschiedenen Verhältniss zu den Vermittelungen unseres Lebens, je nachdem wir diese oder jene Kräfte derselben in Anspruch nehmen. Je allgemeiner die Eigenschaften der Körper sind, um so weniger interessirt uns ihre specifische Verschiedenheit, und um so mehr ist es nur die Kenntniss der Naturgesetze, denen sie gehorchen, welche unmittelbar dem Leben dient. Welche tausendfache Anwendung machen wir im Leben von den Gesetzen der Schwere, wo wir es ja immer nur mit der Masse zu thun haben, ohne Rücksicht darauf, wie dieselbe sonst specifisch als Naturkörper bestimmt sei. Ob ich mit Messing, Eisen oder Stein abwäge, ist im Wesentlichen einerlei. Von hier aus stuft sich aber die Sache immer mehr ab und z. B. bei der unmittelbaren Anwendung der Pflanzensubstanzen im Leben kommt es zunächst gerade nur auf die specifische Identität an, während die Gesetze, unter denen dieser specifische Naturkörper sich bildete und bis dahin, wo er dem Leben dienen soll, gestanden hat, vorläufig völlig irrelevant sind. Viele tausend Menschen sind durch die richtige Anwendung der Chinarinde geheilt, ehe man nur ahnte, von welchen Bäumen die Rinde gesammelt wurde, wie dieselben vegetiren und wie sie gesetzmässig den heilkräftigen Stoff bilden, und werden noch geheilt werden, ohne dass der sie dispensirende Apotheker mehr zu wissen unmittelbar nöthig hat, als wie er eine gute Rinde von einer schlechten unterscheide, worüber ihm die Botanik keinen Aufschluss gewährt. So ist es denn gekommen, dass man in den verschiedenen Disciplinen auf sehr verschiedene Weise, so wie es zunächst das Leben forderte, vorzugsweise die Naturgesetze, also die eigentliche Wissenschaft, oder die Systematik, also nur die Dienerin der eigentlichen Wissenschaft bearbeitete. Bei den unorganischen Körpern ist in Folge dessen Mechanik, Physik und Chemie sehr weit ausgebildet, ehe man anfing, an eine systematische Anordnung der Körper zu denken, und noch jetzt ist wohl das System der unorganischen Körper am wenigsten vollkommen. Dagegen ist die Kenntniss der Organismen (den Menschen selbst aus eben dem Grunde ausgenommen) zunächst fast nur specifisch geblieben. Erst das letzte Jahrhundert hat uns eine Physiologie des thierischen Organismus vorbereitet und in der Botanik fängt man kaum an, die eigentliche Wissenschaft zu ahnen. Ordnen wir nun die Wissenschaften danach, wie sie bisher bearbeitet wurden, so dass wir diejenigen zuerst nennen, bei denen die Wissenschaft selbst überwiegt, die Systematik zurücksteht, und die andern folgen lassen, wie allmälig erstere zurücktritt, bis zuletzt die Systematik allein herrschend wird, so erhalten wir folgende Reihe: Astronomie, Mechanik, Physik, Chemie, Mineralogie, Zoologie und Botanik. *Whewell** macht hier folgende ebenso

* Geschichte der inductiven Wissenschaften, übers. von *Littrow*. Bd. 3. S. 289.

richtige als für uns betrübende Bemerkung: »Ein Grund, weshalb in der Geschichte der Botanik so wie in jener der Astronomie der Fortgang unserer Erkenntniss eine seit den frühesten Zeiten ununterbrochene Kette bildet, liegt eben in dem grossen Unterschiede der Erkenntnissart, die wir in diesen beiden Wissenschaften erreicht haben. In der Astronomie begann die Entdeckung allgemeiner Wahrheiten schon in einer sehr frühen Periode der Civilisation, in der Botanik aber haben solche Entdeckungen kaum jetzt noch angefangen und eben deswegen ist auch in jeder dieser beiden Doctrinen die Lehre und der Vortrag in unsern Tagen noch immer so ähnlich mit jener der alten Zeit. Die Uebereinstimmung der äussern Form dieser Wissenschaften entspringt eben aus der Verschiedenheit ihres Inhalts.«

So nehmen nun Mechanik, Physik und Chemie und demnächst Mineralogie in ihren reinsten wissenschaftlichen Bestrebungen, eben weil sie gerade durch diese sich unmittelbar als Dienerinnen der Gewerbe bethätigen, ihren bedeutenden Theil aus dem allgemeinen geistigen und materiellen Vermögen in Anspruch. Nächst ihnen erhält die Physiologie des thierischen Organismus und die Zoologie, weil ihre wesentliche Verbindung mit der Medicin nicht zu verkennen ist, ihren Antheil, auch lange noch nicht in dem Maasse als es wünschenswerth und nothwendig wäre, indem sich derselben in neuerer Zeit zwar bedeutende geistige Kräfte zugewendet haben, aber ohne überall durch die nöthigen materiellen Mittel unterstützt zu werden. Vom Staate freigebig unterstützte physiologische Anstalten giebt es nur noch wenige.

Betrachten wir dagegen die Botanik, so finden wir sie, so wie sie bisher bearbeitet worden ist, nicht so wie sie sein könnte und sein sollte, fast ganz als eine müssige Spielerei der Neugier von aller innigen und nothwendigen Verbindung mit dem Leben und seinen unmittelbaren und doch auch in seiner Weise wohlberechtigten Interessen isolirt. Dem Ackerbau, dem sie helfen kann und helfen sollte, hat sie bis jetzt im Ganzen gar nichts geleistet; alle die Gewerbe, die vegetabilische Stoffe benutzen und verarbeiten, fragen völlig vergebens in zweifelhaften Fällen bei ihr an, der es zustände, hier die Gewerbe zu leiten, zu berathen; aber sie weiss nichts Brauchbares anzugeben, kennt oft gerade die Pflanzen, welche wichtige Stoffe liefern, am wenigsten und entlehnt Alles, was über den Kreis der blossen Namensystematik hinausgeht, eben nur von den Technikern selbst. Und endlich ihr edelster Beruf, der allgemeinen Physiologie der Organismen die einfachsten und sichersten Grundzüge vorzuzeichnen und so einen wesentlichen Beitrag zum Ausbau des Fundaments dieser interessantesten und vielleicht auch wichtigsten Wissenschaft zu liefern, hat sie aber bis jetzt völlig versäumt und statt dessen von der Zoologie einige abgelegte Kleider geborgt, um ihre eigne Blösse zu bedecken. In Handbüchern finden wir zwar viel vom Nutzen der Botanik geschrieben; nur schade, dass man in der Wirklichkeit vergebens darnach sucht. Der ganze Nutzen der Botaniker beschränkt sich bis jetzt auf ihre systematische Thätigkeit, darauf, dass sie dem Gärtner für seine Zöglinge lateinische Namen zur Unterscheidung anbieten, vorausgesetzt, dass sie selbst schon über die Namen einig sind; und dass sie denselben Dienst den Pharmaceuten leisten und ihnen sagen, wie die Pflanze auf lateinisch heisst, deren wirksame Stoffe aber schon anderweit längst bekannt waren, aber auch hierbei vorausgesetzt, dass irgend ein Reisender durch Aufopferung und Anstrengung herausgebracht, von welcher Pflanze der Stoff gewonnen wird, und diese dann dem Botaniker mitbrachte. Die nach und nach oberflächlich bekannten Pflanzen hat man bald so, bald so in Fächer geordnet und Ueberschriften

hinzugefügt, und das ist fast die ganze Wissenschaft. Ich will gern zugeben, dass ich hier mit etwas scharfen Zügen gezeichnet, denn in der allmäligen Ausbildung der Menschheit grenzt niemals ein ganz verwerflicher Zustand scharf an den lobenswerthen, sondern geht allmälig in ihn über, je nachdem mehr und mehr Individuen für das Bessere gewonnen werden. Aber wer will leugnen, dass das von mir entworfene Bild noch vor nicht gar langer Zeit vollkommen passte und auch jetzt noch in einem Theile der Botaniker seine Originale findet? So ist denn die Botanik bislang durch kein Interesse des Lebens gestützt und getragen worden und das hat zur Folge gehabt, dass sich nur äusserst wenig tüchtige geistige Kräfte, und für ihre eigentlichen Zwecke auch verhältnissmässig wenig materielle Kräfte ihr zugewendet haben. Ein grosser Theil der Botaniker, wie sich durchaus nicht in Abrede stellen lässt, charakterisirt sich durch eine im höchsten Grade mangelhafte philosophische und allgemein naturwissenschaftliche Vorbildung, und insbesondere sind Chemie und Physik, ohne welche an eine wirkliche Entwickelung der Wissenschaft von den Organismen gar nicht zu denken ist, den meisten Botanikern völlig fremde Gebiete. Nirgends zeigt sich dies deutlicher, als in der Urtheilslosigkeit, mit der physikalisch oder chemisch völlig unhaltbare Ansichten von den Botanikern aufgefasst und festgehalten werden*. Aber man kann selbst bei dem Allergewöhnlichsten stehen bleiben, wo sich die mangelhafte Bildung der Urtheilskraft so oft verräth. *Decandolle* macht in seinem *Prodromus* beim Genus *Anthemis* die sehr richtige Bemerkung, der *pappus* sei das schlechteste Merkmal in diesem Genus, denn er sei in demselben Köpfchen bald vorhanden, bald nicht; dann theilt er nichtsdestoweniger die Species ein in Arten mit *pappus* und Arten ohne *pappus*, endlich unter den Arten ohne *pappus* folgt *A. arvensis*, der er in der Definition einen *pappus* zuschreibt. Oder man nehme ein anderes Beispiel, in welchem sich die traurigste Oberflächlichkeit, die gänzliche Unfähigkeit den Stoff zu beherrschen ohne weitern Commentar ausspricht. Es ist die Vertheilung einer Abtheilung der Hieracium-arten

**stoloniferae*
a. scapo monocephalo.
1. *H. pilosella λ. bifidum scapo subtricephalo.*
b. scapo diviso oligocephalo.
7. *H. bifurcum β. simplex stolonibus nullis.*
8. *H. sphaerocephalum β. uniflorum scapo monocephalo, stolonibus nullis.*

Einen Schulknaben, der eine solche Chrie einliefert, lässt man nacharbeiten; was fängt man aber mit einem berühmten Meister der Wissenschaft an? Solcher Beispiele aber lassen sich zu Hunderten anführen. Wie wenig aber der Botanik als eigentlicher Wissenschaft an materiellen Mitteln zu Gute kommt, ist bekannt genug. Man wird mir hier die botanischen Gärten einwenden und vielleicht noch folgendes leider sehr richtige Raisonnement hinzufügen. Man berechne einmal, was die jähr-

* Ueberhaupt spricht sich die Bildungsstufe eines Menschen in nichts so sicher aus, als in dem Urtheil über die Leistungen Anderer; Lob und Tadel werden hier in gleicher Weise zum Verräther. Das Lob ist eine gefährliche Klippe, denn dem Dummen und Unwissenden liegt das meiste über seinem Horizont und kommt ihm daher des Anstaunens würdig vor. Der Tadel aber hat eine doppelt verrätherische Seite, indem der ungeschickte Tadel einmal die Unfähigkeit des Urtheilenden, dann aber auch meist seine Unredlichkeit und seinen Mangel an lauterer Wahrheitsliebe offenbart.

liche Unterhaltung der botanischen Gärten in Deutschland kostet, und nehme dazu die Zinsen des Anlagecapitals und frage nun nach den wissenschaftlichen Ergebnissen, die mit den Ausgaben nur einigermaassen im Gleichgewicht stehen. Alljährlich werden ein paar Dutzend Pflanzen abgebildet und mässig genug beschrieben, und die Mediciner, die *ex lege* Botanik hören müssen, erhalten eine gewisse Anzahl Exemplare, die sie zum Theil, so wie sie aus der Vorlesung kommen, zum Theil erst nach drei Jahren wegwerfen, wenn sie, die Universität verlassend, das längst vergessene und verdorbene Herbarium ihrem Aufwärter schenken. Ich könnte freilich hiergegen zunächst bemerken, dass es zum Theil die Schuld der Einrichtung der botanischen Gärten ist, dass durch sie so wenig für die Wissenschaft selbst geleistet wird, denn das von ihnen Cultur der Ziergewächse, die Spielerei mit Varietäten von Georginen, Pelargonien, Camelien, *Viola tricolor* u. s. w. gefordert, und dadurch ein grosser Theil ihrer Mittel der Wissenschaft wieder entzogen wird, ist nur zu oft wahr und fällt durchaus nicht den Botanikern zur Last. Aber wenn mit den der Wissenschaft wirklich zur Disposition gestellten Mitteln auch noch lange das nicht geleistet wird, was geschehen könnte und sollte, so muss ich doch auch auf der andern Seite behaupten, dass besonders in Deutschland für die Botanik, wenn ihre wichtige Stellung richtig erkannt wird, viel zu wenig geschieht. Wie viele Universitäten giebt es nicht, die überall noch nicht einmal ein öffentliches Herbarium haben. Wie mangelhaft sind die meisten Bibliotheken in Bezug auf botanische Kupferwerke, die in lückenloser Vollständigkeit ganz unentbehrlich sind und deren Anschaffung die Kräfte jedes Privatmannes übersteigt. Hin und wieder findet man sehr lückenhafte Saamensammlungen, meist fehlen sie gänzlich. Wo wären ordentliche öffentliche Holzsammlungen und überhaupt Sammlungen von interessanten Pflanzen, Pflanzentheilen, Praeparaten u. s. w., die sich nicht im Herbarium bewahren lassen? Wird doch oft selbst das Wenige, was leicht zu haben wäre, auf unverantwortliche Weise vergeudet. Wie viele Seltenheiten sind nicht schon auf dem Composthaufen der botanischen Gärten verfault. Nirgends aber, so viel ich weiss, existirt ein gut eingerichtetes und gut unterstütztes Institut zur Anstellung von wissenschaftlich bedeutsamen Versuchen insbesondere für Physiologen, und doch lässt sich auch hier mit Privatmitteln, wenn nicht zufällig ein grosser Reichthum einen Einzelnen unterstützt, gar nichts ausrichten.

Wenn wir auf diese Weise einmal den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft überblicken und, von manchen vereinzelten, gediegenen Leistungen absehend, vielmehr nur das ins Auge fassen, was in diesem Augenblick als allgemeines gesichertes Eigenthum der Botanik in Anspruch genommen werden darf, worüber alle ausgezeichnetere Bearbeiter der Wissenschaft einig sind, was wohl erweitert und bereichert, aber nicht mehr völlig umgeworfen werden könnte, so werden wir wahrlich finden, dass unsere Wissenschaft zum Erschrecken dürftig und inhaltsleer ist. Es werden sich selbst wenige Elementarlehren finden, über welche nicht je zwei der bedeutendsten Lehrer verschiedener Ansicht wären. Mag sich Einer nur die Mühe nehmen und *Link's Elementa phil. bot.*, *Ach. Richard's* Handbuch der Botanik, *Alphons Decandolle* Handbuch der Botanik, *Lindley's* Einleitung in die Botanik und *Endlicher* und *Unger* Grundzüge der Botanik neben einander legen und das excerpiren, worüber alle genannten Schriftsteller einig sind, ich bin gewiss, das ganze Ergebniss wird sich auf einem Bogen zusammendrucken lassen. Keine zwei sind über die Entstehung der Zelle einig; ihre spätere Ausbildung, die Bildung der Gefässe sind noch Gegenstand der Controverse; die Entstehung der

Bastzellen und Milchsaftgefässe ist durchweg streitig. Jeder hat eine andere Zahl von Elementarorganen. Die Natur der Oberhaut, ihre Verdickungsschicht und ihre Oeffnungen sind noch Gegenstände des Streits, und zwar werden die directesten Gegensätze in den Thatsachen, die nur entweder sein oder nicht sein können, hier und dort vertheidigt. Bildung und Verlauf der Gefässbündel bietet jedem Autor Gelegenheit, eigenthümliche, von Andern abweichende Ansichten zu entwickeln. Welche endlose Menge der scheinbar gleichberechtigten Ansichten über die Natur und Bedeutung der Organe bei den Kryptogamen stehen sich nicht einander gegenüber, wo der Eine weiss, der Andere schwarz behauptet. Und bei den Phanerogamen? Blatt und Stengel, Stengel und Wurzel, wo ist der Unterschied? Jeder giebt einen andern an und Jedem wird der seinige vom Gegner mit Recht als falsch nachgewiesen. Die Zahl der Blüthentheile, ihre Natur, ihre Benennung, ihre Entwickelung zur Frucht, die Zahl der Fruchtarten u. s. w., Alles ist ein vastes Gebiet der Ungewissheit, des Zweifels, des Streites*. Endlich in der blossen systematischen Anordnung der Pflanzen was haben wir denn gewonnen? Wenn nicht traditionell die Kenntniss einer Menge Pflanzen vom Lehrer auf Schüler vererbte, nach unsern Handbüchern sollte man es wahrlich wohl lassen, die meisten zu bestimmen. Welche Oberflächlichkeit und Verwirrung herrscht hier überall! *Nepeta nuda* z. B. ist eine Pflanze, die schon *Linné* kannte. Man vergleiche die Definition bei *Reichenbach* und *Koch*, und man überzeugt sich gleich, dass Beide ohne Frage verschiedene Pflanzen unter diesem Namen beschrieben haben. In einigen botanischen Gärten habe ich Pflanzen unter diesem Namen gesehen, auf die keine der genannten Definitionen passte; *Linné's* Originalexemplar hat, so viel mir bekannt, weder *Koch* noch *Reichenbach* gesehen, sie ist vielleicht noch eine andere Pflanze. Tausend Botaniker leben gewiss in Deutschland, welches etwa 5000 Species Phanerogamen hat. Es kommen also auf jeden Botaniker nur 5 Pflanzen, und man sehe nur unsere Floren durch, lese die ewigen Zänkereien und Berichtigungen über Pflanzenarten, die oft schon seit 100 Jahren bekannt sind, so wird man finden, dass kaum 3000 nothdürftig sicher bestimmt sind.

Gehen wir endlich zur systematischen Anordnung der Pflanzen über, so haben *Adanson*, *Jussieu* und *Rob. Brown* mit eminentem Talent begabt eine grössere Anzahl von Gruppen gebildet und ziemlich sicher begrenzt, aber eine noch bei Weitem grössere Anzahl von Familien ist völlig vage und daran, dass diese sogenannten Familien wirklich h o m o l o g e Glieder eines Systems bedeuten dürften, ist noch nicht entfernt zu denken, denn es fehlt an jedem auch nur scheinbaren Princip, dies zu bestimmen, und so erhalten wir wieder die endlosen und ganz kindischen Streitigkeiten über die Ansprüche der einzelnen Gruppen auf den Namen Classe, Ordnung, Familie, Tribus u. s. w. Zuletzt kommt noch die Anordnung der Familien unter einander in Frage. *Reichenbach*, *Martius*, *Lindley*, *Unger* und *Endlicher* haben uns in der letzten Zeit Jeder mit einem eigenen System beschenkt. Jedes dieser Systeme ordnet die Pflanzen nach einer andern Reihenfolge an, jedes hat andere Hauptabtheilungen und J e d e r hat in der Einleitung mit lobenswerthem Selbstgefühl ausgesprochen, sein System sei das e i n z i g e wahrhaft natürliche, welches sich denken lasse. Ich meine, es müsse nachgrade den Botanikern so gehen, wie den römischen *Haruspices*, die sich nicht ansehen konnten, ohne zu lachen.

Keinem, der nur den guten Willen hat, über den heutigen Zustand der Botanik

* Man vergleiche hierfür die Ausführung im Einzelnen im materiellen Theile dieses Buches.

zu einem klaren Urtheil zu kommen, kann es entgehen, dass diese vorstehende Zeichnung in ihren Hauptzügen richtig ist, nur die traurigen Thatsachen wiedergiebt, und vergleichen wir damit den gegenwärtigen Zustand anderer naturwissenschaftlichen Disciplinen und selbst die uns nächstverwandte Zoologie, so müssen wir gestehen, dass wir auf ganz unverantwortliche Weise zurück sind. Der Grund davon ist nun sehr leicht in der oben verworfenen dogmatischen Behandlung der Wissenschaft zu finden, die noch immer ein drückender Alp auf uns lastet und jede lebendige und freie Bewegung hemmt. Es fehlt im Allgemeinen an einer richtigen Orientirung über die Aufgaben des menschlichen Erkenntnissvermögens und die Mittel zu ihrer Lösung, und man sucht diese letztere daher dort, wo sie nie gefunden werden kann. Es ist die alte und stets wieder auftauchende Verwechselung von Gehalt und Form und der leere Wahn, als könne jemals durch die letztere auch der erstere an unsere Erkenntniss gebracht werden, während aller Gehalt doch ewig nur aus der Erfahrung gewonnen werden kann und daher jede Form für sich leer bleibt. Gründliche Tiefe und lebendige Beweglichkeit können wir uns nur dadurch sichern, dass wir alles Systeme- und Theorien-Schmieden bei Seite werfen, denn Systeme und Theorien sind die Vorhänge, hinter denen sich von jeher schwerfällige Bornirtheit und gedankenleere Seichtigkeit versteckt haben und allein verstecken können. Die, welche eine theoretische Vereinigung wie sie's nennen, ein Dogma suchen, finden es gar leicht zu ihrer Zufriedenheit. Aber eben diese Befriedigung könnte ihnen zeigen, dass sie nur nach Gemeinem, Niedrigem, in sich Unwerthem gestrebt, denn nur solches kann der Mensch erreichen. Das Vollkommene, das Ideale schwebt uns stets und in allen Dingen nur als glänzender Lichtpunkt in unermesslicher Ferne vor, und gerade deshalb hat auch das Ziel (als ein immer unerreichbares) gar keinen Werth für den Menschen, sondern nur der Weg, nicht das Resultat, sondern die Methode, und da ist diejenige die beste, die die freieste und sicherste Beherrschung der Geisteskraft, zugleich mit der stetigen und unverrückbaren Richtung zum Fortschritt gewährt. So ergiebt sich uns denn die Berechtigung und Nothwendigkeit, bei jeder wissenschaftlichen Thätigkeit zuerst nach der Methode zu fragen, sie zu prüfen und nach dem Resultate dieser Prüfung allein die ganze Arbeit zu loben oder zu verwerfen. In diesem Sinne nun stelle ich, dem Geiste meines grossen Lehrers *Fries* getreu, die Anforderung, dass jede naturwissenschaftliche Disciplin ausschliesslich nach inductiver Methode fortschreite, dass jede Bearbeitung derselben, die dieser Methode nicht treu bleibt, schon deshalb unbedingt zu verwerfen sei und nie als wahrhafte und brauchbare Förderung der Wissenschaft angesehen werden könne.

Hier bleibt uns aber noch zweierlei zu unterscheiden.

I. Wie schon oben erwähnt, ist mehr oder weniger die Bearbeitung jeder Wissenschaft an die Erfahrung gebunden. Die Anforderung, aus einem Grundsatz heraus den reichen, lebendigen Gehalt der Wirklichkeit zu entwickeln, ist eine in sich so absurde, dass Niemand ihr consequent treu bleiben kann, wie das von *Fries* z. B. gegen *Fichte* und *Schelling* unwiderleglich nachgewiesen wurde. Allein es kann doch dieses Annehmen und Aneignen aus der Erfahrung mit mehr oder weniger Bewusstlosigkeit geschehen und man kann sich und Andere täuschend wirklich versuchen oder zu versuchen glauben, aus einem constitutiven Princip den ganzen Gehalt einer Wissenschaft zu entwickeln, wo denn consequent jede Thatsache, die man unbewusst aus dem Zufälligen der Erfahrung aufgenommen hat, im System ihre Stelle wenigstens scheinbar als nothwendige Folge des Princips findet. Hier

ist das Dogmatisiren nun ein philosophischer Irrweg, aus verworrener Abstraction und logischer Unbeholfenheit hervorgegangen, und der Streit gegen diese Verkehrtheit wäre eigentlich allein von der Philosophie und auf ihrem Gebiete auszufechten. Allein gerade die Naturwissenschaften eignen sich, weil ihnen immer die inappellable Sicherheit der unmittelbaren sinnlichen Erkenntniss oder die unwiderlegliche mathematische Demonstration zur Seite steht, ganz besonders dazu, ein angebliches philosophisches System in seinen Folgen anzugreifen und seine Verkehrtheit und Unfruchtbarkeit augenscheinlich darzulegen. Hier wäre daher insbesondere für unsere Zeit auf *Hegel* und *Schelling* Rücksicht zu nehmen*. Den Ersten aber kann ich Gottlob übergehen. Durch preussische Schulpolizei eingeführt und abgeschafft, ist er überall nur als eine ephemere Erscheinung zu betrachten, die einer zu tiefern philosophischen Untersuchungen unfähigen Generation für einige Zeit die Köpfe verwirrte, weil die in sich nichtssagenden Formeln sich den heterogensten Zeitfragen, dem Absolutismus wie dem gehaltlosen Liberalismus, der bornirtesten Orthodoxie wie dem himmelstürmenden Atheismus (aber nur keiner wahrhaft tüchtigen Gedankenfülle und ethisch gestützten Tendenz) als Mantel umhängen liessen, um dem Geschrei der Parteileidenschaft den Schein der Wissenschaft zu verleihen. Man hat die Hegel'sche Phraseologie wohl als Philosophie des Liberalismus ausgegeben und dadurch hat sie sich viele Anhänger erworben, aber sehr mit Unrecht. Denn die ganze Vergötterung der Menschengeschichte, worauf am Ende alles einigermaassen Gehaltvolle bei *Hegel* hinläuft, ist weder servil noch liberal und ist überhaupt das an allem Wahrheitsprincip verzweifelnde und kraftlose sich Hingeben an den Umschwung des Schicksals. *Hegel* hat nie eigentlich eine Schule gehabt, aber was ihm eigen war, seine übel gewählten Ausdrücke für verworrene Abstractionen, die früher schon klarer gefasst und besser bezeichnet waren, diese Phrasen des »an sich und für sich Seins« etc. werden sich vielleicht noch einige Zeit lang erhalten, so wie die Redensart: »*Hegel* war der grösste Philosoph, der je gelebt«, wobei aber die, die es sagen, eigentlich wohl an nichts Bestimmtes denken, weil sie sich vorher nicht genügend orientirt, was eigentlich Philosophie sei. Für die Naturwissenschaften ist er gänzlich unbeachtet und unbemerkt vorübergegangen. Wer so auftrat, wie er, wer dann späterhin seine Unwissenheit in diesem Fache so documentirt, wie er, konnte zu unserer Zeit auch nicht einmal einen Scheineinfluss erlangen, und solche Aufsätze wie die des Herrn Dr. *Loewenthal* in *Ruge's* Jahrbüchern, sind für einen ächten Naturforscher, wenn sie ihm überhaupt in die Hände fallen, höchstens eine ergötzliche Abendunterhaltung.

Leider müssen wir dagegen anerkennen, dass Schelling einen eben so bedeutenden als verderblichen Einfluss auf die Naturwissenschaften ausgeübt hat. Gar nicht sind davon Mathematik und Astronomie, wenig die an strengere mathematische Methoden schon gewöhnte Physik so wie die Chemie berührt worden. *Schelling's* grossartige Unwissenheiten (wie z. B. seine Vermengung des Galilei'schen Fallgesetzes mit der Newton'schen Gravitation in der Zeitschrift für speculative Physik u. s. w.) sind von Physikern und Astronomen gar nicht gelesen oder wenigstens als spashafte Erscheinung lächelnd bei Seite gelegt worden; in der Sicherheit ihrer durch anerkannt richtige Methoden gewonnenen Resultate durften sie solche Dinge ruhig ignoriren. Anders aber steht die Sache für die Wissenschaft von den

* Vergl. *Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft.

Organismen, wo die sich noch grösstentheils der mathematischen Behandlung entziehenden Aufgaben die Resultate von der Klarheit der Abstraction und der Feststellung der Begriffe abhängig erscheinen lassen, wo also eine Lehre, der es gelingt, durch zufällige äussere Verhältnisse begünstigt, ihre falschen Abstractionen geltend zu machen, einen für lange Zeit nachwirkenden, verderblichen und hemmenden Einfluss auf die gesunde Entwickelung der Wissenschaften ausüben muss. Hier will ich nur auf einige allgemeine Gesichtspunkte aufmerksam machen, speciellere Thatsachen werden im Verfolg dieser Darstellung uns noch genug begegnen. Auch kann ich, wie gesagt, hier nicht die Aufgabe haben, das Schelling'sche Philosophem in seinen Grundlagen zu widerlegen, das haben bessere Männer schon gethan. Nur *argumento ad hominem* will ich hier daran erinnern, wie von allen neuern philosophischen Lehrern unser *Fries* der einzige gewesen ist, der sich die Mühe nicht verdriessen liess, allen Verirrungen seit *Kant* bis auf die Quelle nachzugehen, ihre Grundfehler aufzusuchen und zu entwickeln und so seine Bezeichnung dieser Bestrebungen als entschiedene Rückschritte gründlich und unwiderleglich zu rechtfertigen. Er hat so nachgewiesen, dass noch Keiner die Aufgabe der Philosophie und die Lösung derselben durch *Kant* nur verstanden und dass alle Nachfolger, weit entfernt über *Kant* hinauszugehen, ohne Ausnahme bei schon lange widerlegten vorkantischen Fehlern stehen geblieben sind. Auf diese bis ins Einzelne gehenden Widerlegungen hat Keiner antworten können, *Schelling* hat vornehmthuend geschwiegen, *Hegel* hat sich mit Schimpfen geholfen, was ihm seine Nachbeter auch nachgemacht, und es macht in der That einen höchst komischen Eindruck, wenn man die Ungezogenheit *Hegel's*, »dass *Fries* der Heerführer aller Nichtdenker sei«, von Knaben nachgelallt hört, die in ihrem ganzen Leben nicht so viel eigenthümliche, lebendige und wahrhaft tiefe Gedanken zu Tage bringen werden, als allein im ersten Bande von *Frie's* Kritik der Vernunft niedergelegt sind. *Fries* war es aber allein um die Wahrheit zu thun, deshalb scheute er weder die Mühe der Arbeit, noch die Gefahr der möglichen Widerlegung, indem er alle Richtungen verfolgte und mit seinem eminenten Scharfsinn jeden Irrweg aufdeckte und dem, der nur sehen will, unmöglich machte; den Andern dagegen, zumal *Schelling*, war es nur um Geltendmachung ihres Ich zu thun und deshalb mussten sie Alles ignoriren, was nicht in ihren Kram passte und wo ihnen wohl ein dunkles Gefühl sagen mochte, dass jedes specielle Eingehen eine sichere Niederlage zur Folge haben würde. Für den, der wirklich die Wahrheit sucht, kann ich mich hier nur auf *Fries's*, »*Reinhold*, *Fichte* und *Schelling*«, Leipzig 1803, »*Fichte's* und *Schelling's* neueste Lehren von Gott und Welt«, Heidelberg 1807 und auf seine Geschichte der Philosophie berufen. Wer diese Schriften ernst und gründlich und mit freier Liebe zur Wahrheit studirt, wird, wenn auch nicht auf unserer Seite sein, doch das völlig Unhaltbare und Gedankenleere der Schelling'schen Versuche klar einsehen.

Hier habe ich nur noch auf ein paar Punkte aufmerksam zu machen, die insbesondere den verwirrenden Einfluss auf unsere Wissenschaft ausgeübt haben. Das Erste ist das von *Schelling* gerade da, wo es am allerverwerflichsten ist, in den so rein empirischen Wissenschaften erst recht befestigte dogmatische Vorurtheil. Aus Principien soll mit philosophischer Nothwendigkeit entwickelt werden, was einzig und allein der Wirklichkeit durch Erfahrung zu entlehnen ist. Die Zufälligkeit der einzelnen Thatsachen und die noch grössere Zufälligkeit der Erkenntniss

bestimmter Thatsachen sollen hier als Nothwendigkeit erkannt werden. Welche Thorheiten dabei herauskommen, kann man leicht an Beispielen zeigen*.

Das Zweite ist die psychologische Verworrenheit und Unwissenheit, die sich bei allen Schellingianern geltend macht, mit der sie jede Combination von Vorstellungen, jeden Traum, jedes Gedicht für einen Gedanken ausgeben und weder das Vermögen der künstlichen, für wissenschaftliche Ausbildung unerlässliche Abstraction, noch das der willkürlichen, zu bestimmtem Ziele geleiteten Reflexion in sich ausbilden, dagegen willenlose Werkzeuge ihrer aller verständigen Herrschaft entbundenen Phantasie werden. Diese psychologische Desorientirung macht sich aber besonders geltend, einmal in der mangelhaften Begriffsbildung, bis zu welcher sich die Schellingianer überhaupt fast niemals erheben, indem sie nur mit den unbestimmten Schematen der productiven Einbildungskraft spielen, oder die abstracten Begriffe nur nach irgend einem oft vielleicht ganz unwesentlichen Merkmal auffassen**, und zweitens in dem gänzlichen Verkennen der Rechte der Logik und völliger Unkenntniss ihrer Gesetze, worin sie und die Hegelianer um den Vorrang streiten.

II. Der Dogmatismus tritt aber auch zweitens als ein Erbstück des Mittelalters in der Form der Darstellung einer Wissenschaft auf und hieran leiden mehr oder weniger alle Schriftsteller, die die gesammte Wissenschaft behandeln. Man giebt zwar zu, dass die Wissenschaft inductorisch zu erfinden sei, dann aber dogmatisch, nach systematischer Vergliederung der Definitionen und Eintheilungen vorgetragen werden könne und müsse. Ein wesentlicher Punkt wird nur hierbei übersehen, den ich später noch ausführlicher entwickeln muss, dass nämlich unsere organischen Naturwissenschaften eben erst erfunden werden sollen, noch ganz gewaltig in ihrer Kindheit sind, und dass eine Wissenschaft doch erst da sein muss, ehe man sie systematisch vorträgt. Wir haben bis jetzt in der Botanik noch nichts, als einige Versuche, zur Wissenschaft zu gelangen, und die lassen sich gar nicht dogmatisch behandeln, wenn man nicht als gewiss erzählen will, von dem man doch selbst recht gut weiss oder wissen könnte, dass es noch im höchsten Grade ungewiss ist. Aber auch abgesehen davon, geht bei dem dogmatischen Vortrag alle lebendige Fülle der Wirklichkeit und der Gedankenbewegung verloren, dem Schüler wird jedes Selbstdenken erspart, und somit seine eigne Thätigkeit gar nicht in Anspruch genommen und belebt, das Ganze wendet sich nur an das mechanische Gedächtniss und alles Gelernte wird dadurch ein völlig unbrauchbares und todtes Wissen, statt geistige Bildung und Entwickelung zu sein. Auf die höchste Spitze getrieben findet sich diese falsche Form in dem neuesten Werke von *Endlicher* und *Unger:* »Grundzüge der Botanik«, dessen Erscheinen unter der Aegide solcher Namen man nur ernstlich bedauern kann. Mir scheint es, dass, abgesehen von manchem im Einzelnen zu Tadelnden, was später zu berühren ist, das ganze Buch in seiner streng scholastischen Weise für unsere Zeit ein gar schlimmer Missgriff ist. Von Anfang bis zu Ende schreitet es in systematisch aneinandergereihten leeren Namenerklärungen fort, die um so unfruchtbarer sind, als die Verfasser meistentheils nicht einmal sich die Mühe gegeben haben, Beispiele zu nennen. Das,

---

* Vergl. *Schleiden, Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft.

** Man wird hier oft an *Gilbert* (*de magnete* 1860) erinnert: »Der Magnet (Magnetismus) und der Bernstein (Elektricität, Polarität) wird von den Philosophen als Erläuterung oder Aufklärung zu Hülfe gerufen, so oft unsere Sinne in der Dunkelheit abstruser Untersuchungen herumirren und unser Verstand nicht mehr weiter kann.« Es giebt doch nichts Neues unter der Sonne.

was allein das eigentlich Gehaltvolle und die wirkliche Grundlage des Gesagten sein könnte, nämlich Entwickelungsgeschichte, Anatomie und Physiologie, wird, in sich selbst sehr mager und unbedeutend, den einzelnen Abschnitten hinten angehängt, weder formell noch materiell mit dem doch allein hieraus Abzuleitenden in Verbindung gesetzt. Es heisst z. B. S. 182 ff.:

»Der Blüthenboden bietet in seiner Bildung zwei Hauptverschiedenheiten dar, je nachdem er aus einem oder aus mehreren Gliedern besteht. Diese Verschiedenheit hat oft einen entschiedenen Einfluss auf die Gestalt des Blüthenbodens und auf das Verhältniss der appendiculären Blüthentheile zu einander, und man kann nach den Hauptformen, welche der ein- und der mehrgliedrige Blüthenboden annehmen, ersteren als Kegelboden, letzteren als Scheibenboden bezeichnen.

»Der Kegelboden (*receptaculum conicum*, *conopodium*) erhebt sich nach Art anderer Axenenden in Gestalt eines verlängerten oder verkürzten Kegels, der bei den geringen verticalen Abständen der an ihn gereihten appendiculären Organe oft in die Flächenform übergeht.

»Am Scheibenboden (*receptaculum discoideum*, *discopodium*) erhebt sich die Peripherie des unteren Axengliedes in Form einer Scheibe oder einer Röhre, welche das kegelförmige oder flache Endglied umgiebt oder einschliesst.

»Wir unterscheiden am Kegelboden die Deckenregion, die Staubregion und die Stempelregion, die meist wieder in eine Fruchtblattregion und in eine Keimknospenregion (*trophospermium*) zerfällt. Der Ursprung der Decken und Staubgefässe aus einer unter dem Stempel gelegenen Region der Axe ist hier kenntlich, weshalb man das Verhältniss dieser Organe zum Stempel als ein unterständiges (*inferum*, *hypogynum*) bezeichnet.

»Am Scheibenboden unterscheiden wir den unter der peripherischen Ausbreitung des unteren Axengliedes gelegenen Axentheil oder Unterboden (*hypopodium*), die peripherische Ausbreitung selbst oder die Scheibe (*discus*), und das von dieser Scheibe umgebene oder eingeschlossene Axenende oder den Oberboden (*epipodium*).

»Der Unterboden ist in nichts als eine besondere Region ausgezeichnet, und wird nur dort unterschieden, wo ein Theil der appendiculären Blüthenorgane aus einem unter der Scheibe gelegenen Axentheile entspringt.

»An der Scheibe, die sich unter dem Oberboden flächenförmig ausbreitet oder röhrenförmig erhebt, so dass sie denselben umschliesst, kann die äussere Scheibenwand, der Scheibenrand und die innere Scheibenwand unterschieden werden. Sie ist einfach, wenn sich ein einziges Axenglied peripherisch ausdehnt, doppelt, wenn zwei Axenglieder sich in dieser Weise ausbreiten und eine äussere und innere Scheibe darstellen.

»Der Oberboden, der verschwindend kurz oder kegelförmig erhaben ist, entspricht der Fruchtblatt- und Keimknospenregion des Kegelbodens, oder er stellt den Keimpolster allein dar, der von den auf der Scheibe stehenden Fruchtblättern bedeckt wird.«

Welche Glieder sind hier gemeint? Die schematischen Abbildungen geben keine Andeutung einer Verschiedenheit zwischen Kegelboden und Scheibenboden, die kleinere Ausbreitung in der Mitte abgerechnet. Stengelglieder können hier entschieden nicht gemeint sein. Bei welchen Pflanzen aber kommen diese Verschiedenheiten vor? Kommen sie überhaupt wirklich vor oder ist die Eintheilung *a priori?* und wenn sie vorkommen, umfassen sie alle möglichen Vorkommnisse? und wenn

dieses, wie geht es aus der Natur des Blüthenbodens hervor, dass diese Verschiedenheiten und nur diese vorkommen? Umfassen sie aber nicht alle möglichen Verschiedenheiten, an welchen Pflanzen sind denn diese beobachtet und welche sind noch zu untersuchen? Hat die Eintheilung überhaupt eine Bedeutsamkeit für das Verständniss der Blüthenbildung und welche? oder dient sie nur der anschaulichen Beschreibung? Der Blüthenboden wird nur als Axenorgan bezeichnet und somit ist der Discus auch ein Axentheil. Ist denn alles, was gewöhnlich in der Botanik als Discus bezeichnet wird ein Axenorgan? Z. B. bei den Scrophularinen? Wodurch ist diese Behauptung begründet? auf welchen beobachteten Thatsachen beruht die Induction? Die Beantwortung aller dieser und ähnlicher Fragen aber bildet, wie leicht einzusehen, allein den wahren positiven Gehalt unserer Kenntniss des Blüthenbodens, während die Verfasser nichts lehren als wie sie die Dinge benennen und eintheilen, vorausgesetzt, dass wirklich diese Dinge in der Natur vorhanden wären und sich so eintheilen liessen wie die Verfasser wollen. Hier und so im grössten Theil des ganzen Werkes ist die systematische Form der Wissenschaft ganz und gar mit ihrem eigentlichen Gehalt verwechselt und an die Stelle desselben getreten.

Diesen dogmatisirenden und systematisirenden Methoden setzen wir Anhänger *Fries's* nun eben die inductiven und heuristischen Methoden als die allein berechtigten gegenüber. In der reinen Philosophie nennen wir sie eben ihrer Eigenthümlichkeit wegen die kritischen Methoden, deren Aufgabe Entwickelung einer Theorie der Vernunft und Deduction aller aus derselben entspringenden unmittelbaren Erkenntnisse, deren Hülfsmittel lediglich Selbstbeobachtung und scharfe Zergliederung der Begriffe zur Bildung der naturgemässen Abstractionsweisen ist; in den angewandten philosophischen Disciplinen aber und in den Naturwissenschaften nennen wir sie inductive Methoden im engern Sinne. Ihr Eigenthümliches besteht darin, dass man überhaupt zunächst von allen Hypothesen abstrahirt, kein Princip voraussetzt, sondern von dem unmittelbar Gewissen, von den einzelnen Thatsachen ausgeht, diese rein und vollständig auszusondern sucht, nach ihrer innern Verwandtschaft anordnet und dann ihnen selbst die Gesetze, unter denen sie stehen, die sie als Bedingung ihrer Existenz voraussetzen, abfragt und so rückwärts fortschreitet, bis man zu den höchsten Begriffen und Gesetzen gelangt, bei denen sich eine weitere Ableitung als unmöglich erweist. So kommt unmittelbar Sicherheit und Fortschritt in die Wissenschaft, während jede andere dogmatisirende Methode keine Gewährleistung ihrer Behauptungen in sich hat. Sicherheit in der Begründung ihrer einzelnen Aussprüche nun gewinnt die Wissenschaft eben nur durch strenge Durchführung der inductiven Methoden. Aber sie hat in dieser Beziehung auch noch den andern Vortheil, dass sie dem freilich bei aller menschlichen Thätigkeit nie ganz auszuschliessenden Irrthum alle seine Schädlichkeit und insbesondere die Möglichkeit benimmt, durch seine Folgesätze für längere Zeit verwirrend durch die Wissenschaft fortzugehen und Fehler zu veranlassen, die um so schwerer zu entdecken sind, da sie vielleicht von dem Grundirrthum, der gar nicht beargwohnt wird, völlig folgerichtig abgeleitet wurden. Hierfür ist eben im Grossen jede Bearbeitung der naturwissenschaftlichen Disciplinen nach sogenannter speculativer Naturphilosophie das sprechendste Beispiel. Auf die Prüfung der Schelling'schen Grundfehler haben sich die Meisten, die ihm folgten, nicht eingelassen und oft nicht einlassen können, und so ist denn all ihr aufgewendeter Scharfsinn und ihr Talent (wenn auch nur theilweise durch ihre Schuld) grossen Theils verloren gegangen. Wer aber die Grundlagen jenes Philosophems geprüft, weiss von vorn herein, dass damit weiter

nichts anzufangen sei, und sieht sich sogleich nach bessern Methoden um. Wo nun aber streng auf inductive Weise (in der Philosophie kritisch) verfahren wird, liegt jede einzelne Behauptung zugleich mit ihrer Begründung vor und Jeder ist im Stande, wenn er will, sich zu überzeugen, ob sie von dem unmittelbar Gewissen der Thatsachen richtig abgeleitet ist oder nicht. Jeder Irrthum wird daher sogleich entdeckt und verbessert und niemals lange schädliche Nachwirkungen in der Wissenschaft haben können. In dieser Beziehung ist nun aber auch die blosse dogmatische Darstellung der auf inductorischem Wege gewonnenen Wissenschaft so durchaus als verfehlt anzusprechen, weil man gar nicht im Stande ist zu beurtheilen, welcher Grad von Sicherheit und Zuverlässigkeit den einzelnen dogmatisch hingestellten Sätzen zukommt und daher immer nicht einen verbessernden Fortschritt an sie anschliessen, sondern sie nur völlig ignoriren kann, wie es auch dem oben angeführten Werke von *Endlicher* und *Unger* nothwendig gehen muss. Wenn sie z. B. §. 620 und S. 306—7 sagen, die Scheidewand der Cruciferen entstehe aus der Fruchtsäule, S. 94: die Nadelhölzer haben nur Gefässe*, S. 40: die Lebenssaftgefässe entstehen aus cylindrischen übereinandergestellten Zellen, S. 33: Zellenbildung als Höhlung in primär formloser Gallerte ist die ursprüngliche und allgemeinste, demnächst die Zellenbildung durch Theilung etc., überall ohne die Begründung dieser Aussprüche auch nur anzudeuten, so bleibt der fortschreitenden Wissenschaft höchstens übrig, beständig zu wiederholen, dies und jenes ist falsch, was aber ebenso überflüssig als unfruchtbar ist, wenn man nicht auch zeigen kann, warum es falsch ist und wodurch der Irrthum veranlasst wurde.

Endlich ist auch die Rücksicht auf den Schüler, den Lernenden nicht aus den Augen zu lassen und als solcher ist jeder Leser eines Buches anzusehen, welches überhaupt seines Daseins werth sein soll. Ein Buch, aus dem Niemand etwas lernen kann, verdient überall nicht einmal als vorhanden anerkannt zu werden. Wissen an sich ist werthlos, wie das sich daraus ergiebt, dass es einzelne höchst gelehrte Vielwisser gegeben, die als Menschen die verächtlichsten Gesellen waren, so dass man berechtigt ist zu behaupten, das Wissen an sich hat nicht eine Kraft, selig zu machen Alle, die daran glauben. Man ist auch besonders in neuerer Zeit schon vielfach auf den Satz gekommen, dass die formelle Bildung des Geistes eigentlich das sei, was an der Erlernung des Einzelnen erstrebt werden solle, sobald diese Erlernung etwas Anderes als handwerksmässige Abrichtung zu bestimmten Gewerben sein soll. Was aber formelle Bildung sei, scheint mir keineswegs bis jetzt klar und richtig ausgesprochen zu sein. Moralische und Verstandesbildung, letztere wesentlich nur im Dienste der ersteren, ist das Ziel — und das Mittel, die Herrschaft des Willens über die Natur, dort des verständigen Willens über Neigung und Leidenschaft, hier des nach Zwecken geleiteten willkürlichen Denkens über die unwillkürlichen Associationen des niedern Gedankenlaufs. Formelle Bildung ist also in jedem Falle Uebung des Willens in der Leitung der unwillkürlichen Vorstellungen zu bestimmten Zwecken, dort der Idee des Guten, hier der Idee des Wahren gemäss. Für eine solche Uebung thut aber das blos gedächtnissmässige Auffassen irgend einer Reihe von Thatsachen gar nichts und ist daher für unsere Bildung völlig werthlos, selbst wenn die Thatsachen alle wahr wären. Dagegen ist jede Anleitung zur lebendigen Gedankenentwickelung für einen bestimmten Zweck als die Denkkraft, d. h. die Herrschaft des Willens über die unwillkürlichen Associationen

* Noch dazu in directem Widerspruch mit der Definition der Gefässe S. 8.

übend, auch formell bildend, selbst dann noch, wenn die Vorstellungen selbst, die willkürlich combinirt werden, falsch, der Zweck, zu dem sie combinirt worden, ein verwerflicher wäre. Dies letztere aber kann in den Naturwissenschaften, sobald sie inductiv behandelt werden, nicht einmal oft vorkommen und deshalb scheinen mir auch die richtig behandelten Naturwissenschaften das bei Weitem allen Uebrigen vorzuziehende Bildungsmittel zu sein.

Wenn nun für das Gelingen jeder wissenschaftlichen Bestrebung die Methode die erste und wichtigste Grundlage ist, wenn die inductorische Methode in den Naturwissenschaften als die allein berechtigte erscheint, so wird natürlich die Frage entstehen, wie sich denn in den einzelnen Zweigen der Naturwissenschaft und insbesondere hier für die Botanik die inductorische Methode im Einzelnen gestalte. Leider besitzen wir gar nichts einigermaassen Brauchbares in dieser Beziehung, worauf man verweisen könnte. Nicht einmal die allerallgemeinsten Grundlagen kann man heut zu Tage bei irgend Jemand als bekannt voraussetzen. Phantastische Charlatanerie auf der einen Seite, leeres, scholastisches Formelwesen auf der andern Seite, beides im Allgemeinen mit einer oft ins Unglaubliche gehenden Unwissenheit gepaart, haben durch zufällige äussere Verhältnisse veranlasst eine Zeit lang die deutschen Schulen beherrscht und leider die philosophischen Bestrebungen bei allen tüchtigen Leuten von Fach völlig in Misscredit gebracht. Wer mag es dem Astronomen, Mathematiker, Physiker und Chemiker verargen, der *Schelling's* Zeitschrift für speculative Physik liest, wenn er die Philosophie für eine Tändelei phantasiereicher, aber unwissender Kinder ansieht; wer wird den Physiologen, den Anatomen schelten wollen, der mit *Hegel's* Naturphilosophie in der Hand die Speculation für einen niedern Grad der Narrheit erklärt? Gleichwohl sind einigermaassen bedeutende und gesicherte Fortbildungen der Wissenschaft gar nicht ohne philosophische Durchbildung denkbar. Aus dem halt- und gestaltlosen Gebiet des subjectiven Meinens, der sich gleichberechtigt gegenüberstehenden Einfälle der einzelnen Forscher kommen wir nie heraus, wenn wir nicht den Faden finden, der uns durch das Labyrinth heller und dunkler, deutlicher und verworrener Vorstellungen, durch Gedanken und Bilder, wie sie im wechselnden Spiele unsere Seele erfüllen, durchführt, wenn wir nicht die Normen aufsuchen, nach denen wir über den Werth sich widerstreitender Ansichten entscheiden und die eine als unberechtigt verwerfen können. Nicht Jeder ist im Stande, sich aus der verwirrenden Menge historischer Thatsachen in klarem, freiem Ueberblick den Faden herauszufinden, an welchem sich die Geschichte der Menschheit fortspinnt, und wie hier der langsame Fortschritt ganz an die klarere Entwickelung des philosophischen Gedankens gebunden ist; aber von jedem wissenschaftlich Gebildeten kann man verlangen, dass ihm die bedeutendern Erscheinungen seiner eigenen Zeit und zumal so weit sie sein specielles Fach berühren, nicht fremd geblieben sind, dass er sie in ihrem Zusammenhange erfasst hat. Was werden wir aber sagen müssen, wenn wir sehen, wie *Fries* in seiner mathematischen Naturphilosophie schon 1822 mit solcher Klarheit und Sicherheit den organischen Naturwissenschaften ihre Aufgabe vorschrieb und aus dem ganzen Zusammenhange des menschlichen Erkenntnissvermögens nachwies, wie diese Aufgabe gerade nur diese und keine andere sein könne, — und wenn wir daneben vergleichen, wie die Empirie in den seitdem verflossenen 30 Jahren so langsam fortgekrochen ist, wie so ganz allmälig in den Arbeiten der ausgezeichneten Forscher von *Joh. Müller* und *Berzelius* bis auf *Kölliker* und *Mulder* immer heller der richtige und allein wissenschaftlich brauchbare Gedanke der mechani-

schen Erklärung aller körperlichen Gegenwirkungen auftaucht, ohne dass Einer, wozu eben die Empirie für sich nicht gelangen kann, im Stande wäre, den Gedanken ganz deutlich und sicher auszusprechen, consequent durchzuführen und zugleich von jeder materialistischen Verderbniss der geistigen Weltansicht frei zu halten. Werden wir da nicht unabweislich darauf hingeführt, auch in allen naturwissenschaftlichen Bestrebungen beständig die Verbindung mit gesunder Philosophie festzuhalten, um schnell und sicher uns dem Ziele zu nähern, zu welchem jene allein uns die sichersten und kürzesten Wege zeigen kann?

Aber leider hat sich die Repräsentation der philosophischen Wissenschaften auf den gelehrten Schulen so unglücklich gestaltet, dass wir im Allgemeinen weit um 100 Jahre zurückgesetzt sind, dass das ganze durch die ausgezeichnetsten Männer in ernstem Nachdenken erworbene geistige Eigenthum gegen phantasiereiches Geschwätz und arrogantes Absprechen in hohlen Phrasen darangegeben ist und dass man nirgends eine sichere Grundlage auch nur im Allertrivialsten als bekannt und verstanden voraussetzen darf, auf welcher man fortbauen könnte. Wenn ich daher in dieser methodologischen Einleitung den Versuch mache, die Grundsätze der reinen inductiven Methode für die Botanik zu entwickeln, so kann ich es nicht vermeiden, Vieles beizubringen, was der Botanik speciell nicht angehört, ja auch nur den Naturwissenschaften im Allgemeinen eigen wäre. Ich muss vielmehr wenn auch nur skizzirt die Theorie des menschlichen Erkenntnissvermögens berühren, um zu zeigen, welche verschiedene Probleme auftauchen, an welcher Stelle und wie sie zu lösen sind. Hierbei werde ich freilich überall nur andeuten können und muss für alle Ausführung und Begründung auf die ersten Quellen, auf das Studium von *Kant*, *Fries* und *Apelt* selbst verweisen. In dieser Beziehung kann ich auch etwaige Angriffe auf meine Darstellung der Sachen nur als Mangel an lauterer Wahrheitsliebe bezeichnen; wer lernen will, mag eben erst die Quellen, aus denen ich nur geschöpft, ergründen und dann urtheilen.

§. 1.

Philosophische Grundlage.

> *Frustra magnum expectatur augmentum in scientiis ex superinductione et insitione novorum super vetera, sed instauratio facienda est ab imis fundamentis, nisi libeat perpetuo circumvolvi in orbe cum exili et quasi contemnendo progressu.*
>
> *Baco von Verulam nov. organ.*

Die dogmatischen Philosophen, insbesondere *Hegel*, gehen in ihren Entwickelungen von einem hübschen runden Satz aus, den sie Gott weiss woher genommen, und möchten gar gern mit ihren daraus abgeleiteten Formeln die Welt aus ihren Angeln heben; sie vergessen dabei nur das Archimedische δός μοι ποῦ στῶ und vermeinen wie *Münchhausen* sich beim eigenen Zopf aus dem Sumpf der Unwissenheit herauszuziehen zu können. Wir, die wir uns Anhänger von *Kant* und *Fries* nennen, haben es nicht so bequem und sehen uns überall nach festem Grunde um, von welchem wir ausgehen können, und finden denselben allein in der unmittelbaren Erkenntniss, die als Thatsache gegeben daliegt. Diese unmittelbare Erkenntniss zergliedern wir und sehen zu, was sie als nothwendig voraussetzt, um vorhanden sein zu können, und gehen so allmälig immer weiter zurück, bis wir bemerken,

dass wir an den Grenzen des menschlichen Wissens angekommen sind. Ein solcher Gang gewährt uns nun ungefähr folgende Uebersicht, wenn wir als Endziel unserer Untersuchungen die Naturwissenschaften und insbesondere die Botanik wählen:

1. Unbestrittene Thatsache ist, dass uns jeden Augenblick die sinnliche Anregung Erkenntnisse zuführt, die wir zunächst als unmittelbare Wahrheit hinnehmen. Wer einen Baum, ein Haus vor sich stehen sieht und dann das Dasein dieser Gegenstände noch bezweifelt, ist krank oder ein Narr. Die Sinnlichkeit, auf deren Anregung diese Erkenntnisse beruhen, ist aber eine gedoppelte, nämlich die der äussern Sinnesorgane, welche uns die Erkenntniss der Körperwelt zuführen, und die des innern Sinnes, durch welchen wir uns der verschiedenen Zustände unsers Ichs bewusst werden. Jeder Aufmerksame weiss mit unmittelbarer Gewissheit, dass er dieses oder jenes will, dieses oder jenes erkennt, dieses oder jenes mit Lustgefühl anschaut etc.

2. Durch diesen innern Sinn werden wir uns des wechselnden Spiels unserer geistigen Thätigkeiten bewusst und als des Thätigen des Ichs, der Einen und gleichen Vernunft als des Subjects der einzelnen Thätigkeiten. Die einzelnen Thätigkeiten selbst sind aber nur augenblicklich und vorübergehend, als das Andauernde können wir nur das Vermögen zu denselben ansehen.

3. Bei längerer Selbstbetrachtung finden wir aber, dass die einzelnen Acte nicht gleichartig sind, dass viele unter sich ähnlich, aber von andern verschieden erscheinen. Stellen wir uns nun so allmälig die einzelnen Momente nach Arten, Geschlechtern und so weiter zusammen, etwa so, wie wir es in den beschreibenden Naturwissenschaften thun, so kommen wir zuletzt auf drei grosse Klassen, die wir dreien Grundvermögen als dem Andauernden zuschreiben müssen. Es sind dies: das Erkenntnissvermögen, das Vermögen sich zu interessiren oder Lust und Unlust zu fühlen und das Vermögen der Thatkraft, der Selbstbestimmung, auch häufig, obwohl beschränkt, der Wille genannt.

4. Alle jene Vermögen und alle aus ihnen entspringenden Thätigkeiten fallen aber in die eine und gleiche Vernunft und sind daher ihrer Natur nach aufs Engste mit einander verbunden, woraus das Gesetz der Association, der Verbindung der einzelnen Vermögen mit einander und der gegenseitigen Belebung und Anregung der einzelnen Thätigkeiten unter einander entspringt. Aus der Verbindung der einzelnen Grundvermögen unter einander entspringen dann die abgeleiteten Vermögen. Mit Erkenntniss fängt allemal unser geistiges Leben an und entwickelt sich an ihr, in Verbindung mit Lust und Unlust giebt sie uns die Zweckbestimmungen, denen dann die Thatkraft als verständiger Wille alle Thätigkeit unseres Ich unterwerfen soll.

5. So bilden sich denn für die ganze Vernunft wie für jedes einzelne Vermögen drei Stufen der Ausbildung, welche wir mit Sinn, Gewohnheit und Selbstbestimmung oder Verstand bezeichnen. Insbesondere für die Erkenntniss sind diese Stufen folgendermaassen charakterisirt:

A. Das erste ist die unmittelbare Erkenntniss in der Sinnenanschauung; diese giebt eine Menge einzelner unverbundener Erkenntnisse.

B. Diese einzelnen Erkenntnisse fallen aber dem Gesetz der Association anheim. So bildet sich aus denselben nach den natürlichen Verbindungen und Beziehungen der Gleichzeitigkeit, der unmittelbaren Folge in der Zeit, der häufigen Wiederholung etc. ohne unser Zuthun eine ganze Reihe anderer eigenthümlicher Vorstellungen, die für die weitere Ausbildung unserer Erkenntniss im höchsten Grade

wichtig werden, deren genaues genetisches Verständniss also unerlässlich ist. Es zeigt sich uns nämlich bei genauer Untersuchung gar bald, dass die einzelnen Wahrnehmungserkenntnisse, z. B. die Anschauung eines bestimmten Baumes, das Bewusstsein, dass wir eine Rose wegen ihres lieblichen Geruchs pflücken wollen etc. nicht einfache Vorstellungen, sondern Verbindungen gar mannigfacher einfacher, von den Sinnen uns zugeführter Elemente sind, denen allen auch einfachere Vorstellungen entsprechen. Jene einfachen Elemente beleben sich unter einander, wenn sie öfter in verschiedenen Wahrnehmungen vorkommen, und treten allmälig als gesonderte Vorstellungen vor's Bewusstsein, ohne Beziehung auf die wirklichen einzelnen Wahrnehmungen, in welchen sie anfänglich verbunden vorkamen, und so entstehen Vorstellungen, welche für sich keine Erkenntnisse mehr sind, aber auf mannigfache Weise gebraucht werden, unsere Erkenntnisse zu bestimmen oder zu erweitern. Man nennt sie im Allgemeinen Schemata oder Abstractionen, weil in ihnen von der Beziehung auf eine wirkliche Erkenntniss abgesehen wird; es sind für sich problematische Vorstellungen, keine Erkenntnisse selbst. Wir müssen hier aber zwei Classen von Abstractionen unterscheiden, nämlich:

a. Wenn aus mehreren einzelnen Wahrnehmungen sich einzelne gleiche Theilvorstellungen unter einander verstärken und so gesondert hervortreten, z. B. das Grüne aus der Wahrnehmung verschiedener grün gefärbter Gegenstände; diese geben uns zunächst Prädicatbestimmungen, Eigenschaften oder Qualitäten und heissen deshalb qualitative Abstractionen.

b. Wenn von einer einzelnen Wahrnehmung sich nur die Vorstellung der Form des Ganzen, das was sich auf die Verknüpfung der einzelnen einfachen Theilvorstellungen bezieht, hervorhebt und gesondert vor's Bewusstsein tritt. Aus diesen bilden wir dann zunächst die Subjectsvorstellungen; sie umfassen die Menge der einzelnen einfachen Vorstellungen, ohne dass diese darin hervortreten, und heissen deshalb quantitative Abstractionen. So entsteht die Darstellung aller Einzelwesen aus der immer unbestimmter werdenden Erinnerung der einzelnen Theilvorstellung, so die Darstellung der mathematischen Körper, Kugel, Cubus etc.

Die Bildung dieser Abstractionen geschieht ganz unwillkürlich nach dem Gesetz der Association; dieses beherrscht aber auch noch weiter dieselben, indem sie mannigfach unter einander sich combiniren und so allmälig einen grossen Kreis eigenthümlicher Vorstellungsspiele hervorrufen. Die Abstractionen bilden sich nämlich nicht nur bei jenen einfachen Wahrnehmungen, wie sie oben als Beispiele angeführt sind, sondern auch aus den Wahrnehmungen der complicirtesten geistigen Thätigkeiten, indem das Gleiche in mehreren derselben allmälig gesondert sich ausscheidet und für sich vor das Bewusstsein tritt. So bildet sich dann der gewohnheitsmässige niedere Gedankenlauf aus, dessen Spiel beständig in uns rege ist, aber auch jeden Augenblick von neu hinzukommenden Wahrnehmungen modificirt und beherrscht wird, wie es sich z. B. im Traumleben zeigt. Zweierlei ist hier insbesondere nur noch hervorzuheben: 1. dass alle jene Abstractionen ursprünglich wirkliche Theile einer unmittelbaren Erkenntniss ausmachten, und also insofern Wahrheit in sich enthalten; 2. dass sie aber für sich gar keine Erkenntnisse mehr sind, und dass ihre Combinationen nur dann zu Erkenntnissen führen können, wenn dieselben nach Gesetzen bestimmt werden, die von der Art, wie sie aus wirklichen Erkenntnissen entsprungen sind, abgeleitet wurden. Diese Gesetze entwickelt uns die Logik, die von der empirisch aufgefassten Entwickelungsgeschichte unserer Vorstellungen ausgehend nachweist, welche Eigenheiten denselben durch ihre Entstehung

ankleben und wie sich daraus die Gesetze, die ihre Widerverbindung bedingen, ableiten lassen. Schon hier zeigt sich uns, wie die Beziehung auf die Wirklichkeit, auf die unmittelbare Anschauung so wichtig und für alle unsere wissenschaftliche Ausbildung maassgebend bleiben muss.

c. In das unwillkürliche, gewohnheitsmässige Spiel der Associationen greift nun aber eine Aeusserung des höchsten Vermögens der Vernunft, der Wille, bestimmend ein und erhebt die blos passive, sinnliche Anregung zur Aufmerksamkeit, verstärkt durch diese willkürlich gewisse Vorstellungen oder Vorstellungsreihen, beherrscht endlich die Association der Vorstellungen unter einander, indem er sie zu bestimmten Zwecken mit einander verbindet. So gewinnen wir die Kunst der Selbstbeobachtung, die willkürlichen Abstractionen, die in ihrer Bildung übrigens ganz denselben Gesetzen, wie die natürlichen folgen, und nur schärfer und zweckgemäss an die Stelle der stets schwankenden Schemata die deutlich nach allen Merkmalen erkannten Begriffe setzen, und endlich durch Beides in Verbindung die Kunst des Nachdenkens als höchste Form der Selbstbeobachtung.

6. Verfolgen wir nun auf diese Weise unsere geistigen Thätigkeiten im Erkennen, so werden wir noch auf einen andern Unterschied geführt. Wir sehen gar bald ein, dass die ganze Entwickelung unseres Geisteslebens und somit auch unserer Erkenntniss an die sinnliche Anregung gebunden ist, aber wir finden auch eben so leicht, dass nicht aller Gehalt unserer Erkenntnisse aus der sinnlichen Anregung entspringe oder entspringen könne. Zwar giebt es keine angebornen Vorstellungen, aber es liegt im Wesen der Vernunft, wie sie im Erdenleben als sinnlich beschränkte und gebundene erscheint, dass sie Alles, was sie erkennt, in ganz bestimmter, ihrer Natur gemässer Weise erkennt und allein zu erkennen vermag. So giebt zunächst die sinnliche Anregung den Gehalt in unserer Erkenntniss; die Erkenntnisskraft dagegen die nothwendige, vernünftige Form. Aber nach den oben entwickelten Gesetzen können uns diese Formen ebenfalls gesondert als Abstractionen zum Bewusstsein kommen, und somit erhält unsere Erkenntniss abermals einen neuen eigenthümlichen Inhalt. Alle jene Erkenntnisse, welche so sich aus der Form unserer Erkenntnissthätigkeit bilden, die also allen vernünftigen Menschen vor aller Erfahrung bestimmt sind und für alle gleichmässig auf Anerkennung ihrer Gültigkeit Anspruch machen, nennen wir Erkenntnisse *a priori* oder apodiktische. Alles aus der Wahrnehmung Stammende dagegen, was also für den einzelnen Menschen immer zufällig ist und nur für den gültig, der eben diese oder jene Wahrnehmung gemacht, nennen wir Erkenntnisse *a posteriori* oder assertorische Erkenntnisse.

7. Die von der vernünftigen Form unserer Erkenntniss abstrahirten Vorstellungen können aber auch noch wieder ein verschiedenes Verhältniss zu unserer Erkenntniss zeigen, indem sie uns entweder unmittelbar in der Anschauung zum Bewusstsein kommen (Formen der reinen Anschauung, Raum und Zeit), oder nur durch das Denken, d. h. durch Hülfe künstlich geleiteter Selbstbeobachtung, uns klar werden. Die ersteren geben uns die mathematischen, die letzteren die philosophischen Erkenntnisse*. Aus der Verbindung dieser beiden Arten von

---

* Hier ist ein Wendepunkt für jede gesunde Ausbildung der Philosophie. Eine sorgfältige Beobachtung zeigt uns gar leicht, dass Raum und Zeit mit jeder Sinnesanschauung zugleich gegeben sind, aber auch von jeder schon vorausgesetzt werden, dass es eben zur Art und Weise

Erkenntnissen in Verbindung mit den Wahrnehmungserkenntnissen gehen alle unsere verschiedenen wissenschaftlichen Disciplinen hervor.

8. Fast jeder Satz, den wir im gemeinen Leben aussprechen, ist schon ein unvollständiges theoretisches Ganze und enthält die drei Elemente der Erkenntniss unter einander verbunden in sich. Durch scharfe Analyse gelangen wir leicht dazu, die einzelnen Theile für sich herauszufinden. Wir bemerken aber auch leicht, dass uns gar keine andern Erkenntnisse möglich sind als solche, die in einem grammatischen Satze ausgesprochen sind oder ausgesprochen werden können. Die Materie ist aber jedesmal aus der Wahrnehmungserkenntniss entnommen oder aus dieser durch Abstraction gebildet, also Erkenntniss *a posteriori* (*Kant's* Gesetz der Immanenz aller menschlichen Erkenntniss). Es bleibt daher für die Erkenntniss *a priori* nur die Form des Urtheils übrig. Wollen wir also wissen, welcher Erkenntnisse *a priori* die menschliche Vernunft fähig ist, so brauchen wir nur alle möglichen Formen der Urtheile aufzustellen, wie es in der Logik geschieht, und aufzusuchen, welche Erkenntnisse *a priori* diesen Urtheilsformen entsprechen. Die allgemeinen Begriffe, die wir auf diese Weise erhalten, sind dann eben die Kategorien, *Kant's* unsterbliche Entdeckung, durch welche er allem philosophischem Dogmatismus, allen metaphysischen Abenteuren den Boden genommen hat und deren allgemeines Verstandenwerden uns dereinst zum sichern Abschluss in philosophischen Dingen bringen wird. Diese Urtheilsformen und Kategorien sind bekanntlich folgende:

Urtheilsformen.	Kategorien.
Grösse.	
Einzelne	Einheit
Besondere	Vielheit
Allgemeine	Allheit.
Beschaffenheit.	
Bejahende	Realität
Verneinende	Verneinung
Unendliche	Beschränkung.
Verhältniss.	
Kategorische	Wesen und Eigenschaft
Hypothetische	Ursache und Wirkung
Divisive	Gemeinschaft der Theile im Ganzen.
Modalität.	
Problematische	Möglich und unmöglich
Assertorische	Dasein und Nichtsein
Apodiktische	Nothwendig und zufällig.

gehört, wie unsere Vernunft erkennt, dass sie Alles, was sie sinnlich erkennt, sogleich unter der Form von Raum und Zeit auffasst, dass aber diese Formen als Formen der Sinnlichkeit Anschauungen und nicht Begriffe sind, dass wohl die Vorstellung von Raum und Zeit eine Abstraction, Raum und Zeit selbst aber anschaulich sind. An der einzelnen Sinnesanschauung werden wir uns der reinen ihr zum Grunde liegenden Anschauung bewusst, aber keineswegs entspringt die reine Anschauung, Raum und Zeit, aus der Sinnesanschauung oder wird von ihr abgeleitet. Wer mit der Selbstbeobachtung noch nicht so weit gekommen ist, diesen Cardinalpunkt, der einfach Thatsache der innern Erfahrung ist, in sich selbst zu finden, der mag vorläufig nur noch auf jede Einsicht in philosophische Untersuchungen verzichten. Eine etwas ausführlichere Bezugnahme auf die reine Anschauung insbesondere in Betreff der figürlichen Synthesis wird weiter unten bei der Lehre vom Sehen gegeben werden.

Für die Ausführung und Begründung dieser Lehre muss ich aber auf *Fries* System der Logik 3. Aufl. (1837), *Fries* Kritik der Vernunft 2. Aufl. (1828—31) und *Apelt* Metaphysik (1857) verweisen.

9. Aber noch auf andere Weise zerfallen unsere Erkenntnisse in sehr verschiedene, streng gesonderte Gruppen nach dem Gesetz der Spaltung der Wahrheit. Zunächst liegt unserm ganzen Geistesleben die sinnliche Anregung zum Grunde, die uns anfänglich insbesondere die Kenntniss der Körperwelt zuführt. Auch in der fernern Ausbildung bleibt unsere ganze Erkenntniss des Geistes an körperliche Vermittelungen gebunden und von den äussern Sinnen abhängig. So nimmt die Körperwelt, deren Kenntniss nur durch die äussern Sinne uns zugeführt wird, einen bedeutenden Theil unseres ganzen geistigen Reichthums in Anspruch. Hier finden wir als das Wesentliche, als Substanz, die todte Masse begabt mit Kräften, gebunden unter ausnahmlose Naturgesetze, deren Formen mathematische sind. Dagegen giebt uns nach und nach der innere Sinn von unserm eigenen Geiste Rechenschaft; durch körperliche Wechselwirkung vermittelt treten wir mit fremdem Geistesleben in Gemeinschaft und so entwickelt sich uns eine ganz andere Welt, in der wir nur den selbstständigen und von Naturgesetzen unabhängigen Geist als das Wesentliche, als Substanz anerkennen. Beide Weltansichten sind wegen ihres ganz getrennten Ursprungs wissenschaftlich völlig unvereinbar; der innere Sinn giebt nie von Körperlichem, der äussere Sinn nie von Geistigem unmittelbare Kunde, Geist und Körper bleiben also als zwei unvereinbare Substanzen neben einander und unabhängig von einander stehen. Dazu kommt noch, dass gar bald eine genauere Untersuchung uns zu der Ansicht führt, dass der Körperwelt keine Wesenheit an sich zukommen könne, sondern nur der Geisteswelt. Gleichwohl erkennen wir sie als vorhanden an, gleichwohl erkennen wir nur eine einzige Welt! Dieses Räthsel ist zuerst durch *Kant's* transscendentalen Idealismus gelöst, indem er zeigte, das einzige an sich Seyende ist der Geist. In der Körperwelt erkennen wir nicht das Wesen der Dinge an sich, sondern nur in der beschränkten Weise einer sinnlich gebundenen Vernunft. Was in der Körperwelt dem Wesenhaften an sich widerspricht, ist gerade das, was darin nicht den Dingen, sondern der Form unserer Erkenntniss angehört, nämlich die Auffassung unter den Formen von Raum und Zeit.

10. Wenn wir an diesen Beispielen nun gesehen haben, wie das Zerfallen unserer Erkenntnisse in ganz verschiedenen Weltansichten nicht nur möglich, sondern sogar unvermeidlich ist, so können wir im Folgenden kurz die Uebersicht der verschiedenen Arten der Auffassung der einen und selben Welt geben, Auffassungen, die fast alle ganz getrennt und unabhängig neben einander stehen, ohne sich gegenseitig zu ergänzen oder auszuschliessen, und jede einzelne zum Theil unvollständig und unvollendbar. Nennen wir die Gesammtheit der Dinge (also auch das Geistesleben), so wie sie der erkennenden Vernunft in Raum und Zeit beschränkt erscheinen, Natur, so erhalten wir zunächst den Hauptgegensatz zwischen natürlichen Weltansichten und Ansichten aus den Ideen des Absoluten, indem wir uns die aus der Natur der sinnlich gebundenen Vernunft hervorgegangenen Beschränkungen, insbesondere Raum und Zeit als aufgehoben denken.

I. Die natürlichen Weltansichten können

A. die Körperwelt betreffen.

a. Hier ist die nächstliegende unmittelbare Auffassung die morphologische nach den Qualitäten der Sinnesanschauungen in figürlicher Synthesis. Wir nehmen

Pflanzen, Thiere, Steine, Weltkörper, Farben und Töne zunächst ganz unbefangen als selbstständige Dinge, die Gestalten sind uns die Wesen und hieraus entwickelte sich bei den Griechen durch *Aristoteles* die Entelechienlehre. Diese ganze Ansicht ist aber rein subjectiv, sie betrifft nur das Verhältniss der Dinge zu erkennenden Geistern, ist unselbstständig und unvollständig.

b. Nach und nach entwickelt sich aus derselben aber eine andere, insbesondere sobald die Wichtigkeit der mathematischen Anschauung und ihrer Herrschaft in aller Naturerkenntniss immer mehr in den Vorgrund tritt. Durch *Baco von Verulam*, der die Aristotelische Entelechienlehre zuerst vernichtete, durch *Galilei*, *Keppler*, *Descartes* und *Newton* bildete sich allmälig die der vorigen ganz entgegenstehende wissenschaftlich vollständige und objective Weltansicht aus, nach welcher die Masse das Wesen ist, in welcher alle subjectiven Verhältnisse aus dem Spiel gelassen werden, also für die Masse nur noch die Beziehung zu Raum und Zeit stehen bleibt. *Fries* nennt dies die hylologische Weltansicht der todten Masse unter den Gesetzen der Bewegung. Sie ist die allein vollständig wissenschaftlich durchzuführende. Ihre vollständige Ausbildung ist das Ziel aller Naturwissenschaften.

B. Ansichten der Geisteswelt.

Hier bildet sich

a. zunächst aus innerer Erfahrung die psychisch anthropologische Weltansicht, die noch eine mehr oder weniger vollständige theoretische Behandlung zulässt;

b. dann die pragmatische, indem wir den Körper in Abhängigkeit vom Geiste erkennen und darnach alles Vorhandene unter die Begriffe von Person und Sache ordnen;

c. die politische, welche die Geistesgemeinschaft durch Sprache in Gesetz und Sitte umfasst.

II. Ueber alle diese dem beschränkten Standpunkte angehörigen natürlichen Weltansichten erheben wir endlich im Glauben die Welt der freien Geister. Diese Weltansicht ist aber gar keiner wissenschaftlichen Ausbildung fähig, weil es ihr an positivem Gehalt fehlt. Ihren Inhalt erhält sie eben nur dadurch, dass wir uns die Schranken unserer Erkenntniss aufgehoben denken. Wie aber dann die Welt beschaffen sei, können wir uns nicht ausdenken, weil wir eben mit allem unserm Denken in dem Kreise sinnlich beschränkter Vernunft befangen bleiben. Jene Welt wird uns daher nur im Glauben gegeben und nur fromme Ahnung macht sie uns zur Wirklichkeit, indem wir durch ästhetische Ideen die Welt der Erscheinungen auf das wahre und ewige Wesen der Dinge deuten.

11. Für meinen gegenwärtigen Zweck hebe ich nun insbesondere noch die natürlichen Ansichten der Körperwelt hervor. Hier müssen wir zunächst festhalten, dass die einzelnen Qualitäten, die uns in der Sinnesempfindung zugeführt werden, unter sich völlig unabhängig sind, insbesondere so weit sie verschiedenen Sinnen angehören. Das Auge hat seine ihm eigenthümliche Welt des Lichts und der Farben, das Ohr der Töne, das Gefühl des Starren und Flüssigen u. s. w., die äusseren Sinne im Allgemeinen des Körperlichen, der innere Sinn des Geistigen. Keiner dieser Sinne versteht die Sprache des andern, keine von diesen einzelnen Qualitäten kann erklärend auf die andern bezogen werden, jede steht unabhängig für sich da; insbesondere aber ist festzuhalten, dass, wie ich schon die Farbe nie durch den Ton erklären, das Starre und das Duftende nie in einer Theorie vereinigen kann, noch viel weniger eine solche Ableitung des einen aus dem andern bei Geist und Körper

möglich ist, dass keins als Erklärungsgrund für das andere gebraucht werden kann, weil sie, ganz verschiedenen Gebieten angehörig, niemals zusammenkommen, unter sich ihrer Erkenntnissquelle nach ungleichartig sind und die Erklärung irgend einer Thatsache durch eine andere stets die Gleichartigkeit beider voraussetzt. Aber auch nach anderer Seite hin ist die erste und nächste Auffassungsweise der Welt, die morphologische, eine unvollständige und unvollkommene. Sie gilt nämlich nur für die Verhältnisse der Dinge zu mir, dem erkennenden Geiste, und ist daher ganz subjectiv und schon deshalb vollständiger wissenschaftlicher Ausbildung völlig unzugänglich. Nur für mich, den erkennenden Geist, giebt es Geist und Körper neben einander, nicht für die Dinge selbst. Unter sich sind die Dinge entweder an sich nur Geister oder der Erscheinung nach nur Körper. Für einander sind die Körper nicht grün und roth, nicht tönend oder duftend, sondern nur für den erkennenden Menschen. Für die Körper unter einander, für ihre objective Bestimmung bleibt vielmehr nur das, was ihnen nach Abzug aller Sinnesqualitäten übrig bleibt, da es in der menschlichen Auffassungsweise nicht von ihm getrennt werden kann. Wir behalten hier also nur als Wesen den Stoff, die Materie mit ihrem nothwendigen Prädicat, der Beziehung zu Raum und Zeit. Alle Veränderungen werden zu blossen Veränderungen der Raum- und Zeitverhältnisse der sich immer gleichen todten Masse. Die Einwirkung eines Massentheils auf einen andern kann nur in einer Veränderung seiner Verhältnisse zum Raum, also in Bewirkung von Bewegung bestehen. Insofern in der Masse eine zureichende Ursache für eine solche Wirkung vorhanden ist, schreiben wir ihr Kraft zu, die unabänderliche mathematische Form der Wirkung einer solchen Kraft nennen wir ein Naturgesetz.

12. Sehen wir auf die Zusammensetzung unserer Naturerkenntnisse aus ihren einzelnen Elementen, so finden wir Thatsachen unter Gesetzen stehend und durch dieselben bestimmt. Beide sind aber von verschiedenem Ursprung. Thatsachen giebt uns die Wahrnehmungserkenntniss, das Gesetz aber kann daraus nicht stammen, denn jedes Gesetz, jede Regel macht in seinem Ausspruch auf Allgemeingültigkeit Anspruch. Wahrnehmung kann aber niemals alle Fälle umfassen, niemals Allgemeingültigkeit, Apodikticität, geben, sondern nur höchstens Wahrscheinlichkeit. Das Gesetz muss also andern Ursprungs sein und so ist es auch. Es entspringt aus der vernünftigen Form unserer Erkenntniss, ist daher auch für sich nur formell und leer und wird erst zur bedeutsamen Erkenntniss, wenn es, auf Thatsachen angewendet, diese bedingt und bestimmt. Es frägt sich aber noch, wie Gesetz und Thatsache zusammenkommen, da beide so ganz verschiedenen Ursprung haben. Offenbar giebt es nur ein einziges Gebiet, wo beide ihrer Erkenntnissweise nach gleichartig sind, nämlich in der mathematischen Anschauung. Hier sind die Formen unserer vernünftigen Erkenntniss, also auch die daraus abgeleiteten Gesetze selbst anschaulich, so gut wie die Thatsachen. Hieraus folgt aber, dass vollständige theoretische Erkenntniss, in der wir die Verknüpfung der Thatsachen unter Gesetzen aus diesen erklären, nur durch Mathematik und nur so weit diese anwendbar ist, möglich wird*.

* Das hier Bemerkte ist die Angel, um welche sich die Kantisch-Friesische Naturphilosophie dreht, weshalb *Fries* dieselbe auch mathematische Naturphilosophie nennt. Auch hier ist durchaus von keiner Hypothese, von keinem willkürlich ersonnenen Princip die Rede. Jeder, der sich rein empirisch mit der Natur des menschlichen Erkenntnissvermögens genauer bekannt gemacht hat, wird einsehen, dass die Sache sich gar nicht anders verhalten könne, dass einer theoretischen, d. h. erklärenden Wissenschaft gar nichts anheim fallen könne, was nicht mathematischer

13. Besteht nun unsere vollständige Naturerkenntniss aus Gesetz und Thatsache, so giebt es für jede Disciplin offenbar zwei Eingänge.

a. Wir können nämlich die Formen unserer vernünftigen Erkenntniss entwickeln und daraus problematisch die möglichen Gesetze ableiten (dieses thut die Naturphilosophie) und dann die so gefundenen Gesetze auf die Thatsachen anwenden, wenn sich die Möglichkeit der Anwendung ergiebt.

Ueberblicken wir die möglichen Kräfte (nach 11.), so können diese zwei einzelne Körper nur einander nähern oder von einander entfernen, also anziehen oder abstossen, sie können dies in der Entfernung oder nur in der Berührung thun, sie können allseitig, oder der Fläche nach, oder linear wirken. Unter allen Fällen ist einer der einfachsten offenbar die allseitige Anziehung in der Ferne. Da hier sich die Wirkung der Kraft nach Kugelflächen ausbreitet, so muss sich ihre Wirkung in verschiedenen Entfernungen umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten. Wenden wir dieses *a priori* abgeleitete Gesetz auf die wirklichen Körper an, so zeigt sich, dass wir die allgemeine Gravitation abgeleitet haben und aus der Erfahrung nur noch das bestimmte Maass der anziehenden Kraft zu erforschen übrig bleibt.

b. Der andere Eingang ist nun von Seite der Thatsachen her. Hier beginnt unsere Erkenntniss mit der morphologischen Weltansicht und erst allmälig finden wir uns zur hylologischen durch (nach 10. *I. A. a. b.*). Wir fassen zunächst die einzelnen Thatsachen auf, analysiren sie und erforschen die Bedingungen, unter denen sie stehen, lassen uns von diesen zu höhern allgemeinen und einfachen Bedingungen leiten und schreiten so fort, bis wir abermals bei irgend einem einfachen *a priori* bestimmbaren Gesetz, also an der Grenze menschlicher Erkenntniss angekommen sind. Dies letztere ist das inductive Verfahren, dem naturphilosophischen gerade entgegengesetzt.

Von der sichern Feststellung der Thatsachen ausgehend erhalten wir hier etwa folgende immer mehr der Wissenschaft sich nähernde Stufen:

1. Systematische Naturbeschreibung.
2. Teleologische Naturbetrachtung.
3. Combinirende Beobachtung.

Behandlung fähig sei, und dass alles Uebrige nur Gegenstand der ästhetischen Auffassung unter der Idee des Schönen oder der ethischen Beurtheilung unter der Idee des Guten sein könne. Der Missbrauch mit der angeblichen Lebenskraft, Clairvoyance und Geisterseherei, die ganze Verderbtheit und Verworrenheit der Schelling'schen und Hegel'schen Physik haben ihren Ursprung im Verkennen der Unmöglichkeit vollständiger theoretischer Wissenschaft ohne Mathematik. Diese allein vollständige hylologische Weltansicht ist aber eben ihrer Vollständigkeit wegen die allerniedrigste. Sie ist nur vollständig, weil sie ganz aus der sinnlichen Beschränkung unserer Vernunft hervorgegangen ist; vollständig nur, weil ihre höchsten Principien, die mathematischen Naturgesetze, wegen ihrer Anschaulichkeit für sich unmittelbar klar sind und gar keine weitere Ableitung fordern, auf keinen höheren Erklärungsgrund hinweisen. Gesetzmässigkeit gehört nicht dem wahren ewigen Wesen der Dinge an, sondern nur unserer menschlich beschränkten Auffassungsweise, von der wir als Menschen eben uns niemals lossagen können, und deshalb ist die Annahme von Wundern, d. h. ein freies Handeln göttlicher Allmacht nach Sprengung der Naturgesetze ein völliges Unding, da wir als Menschen durchaus unfähig sind, ein Wunder der Art als solches nur zu erkennen. Für eine e w i g e Vernunft giebt es keine Naturgesetze und daher kein Wider-dieselben oder Ausser-ihnen. Für die m e n s c h l i c h e Vernunft ist Alles, was geschieht, eben ihrer menschlichen A u f f a s s u n g s weise wegen unter Naturgesetze gebannt, und ein angebliches Wunder hat höchstens das triviale Interesse des unerklärten Taschenspielerkunststücks.

4. Theoretisches Experimentiren.
5. Mathematische Theorie.

Das Gesetz für sich, als blosse Form der Erkenntniss, ist leer und giebt sich den Gehalt, die Thatsache nicht selbst; wir können also auch mit der naturphilosophischen Entwickelung nie bis zur Thatsache kommen und ohnehin nur so weit vorschreiten, als die jeweilige Ausbildung der mathematischen Wissenschaften uns eine Entwickelung ins Einzelne erlaubt. Hier fehlen uns aber noch für alle Fälle mit Ausnahme der oben (12.) angeführten die mathematischen Constructionen. So einfach und für sich klar die ersten Anfänge, die Ausgangspunkte unserer mathematischen Erkenntnisse sind, so verwickelt werden sie leicht durch die weitern Combinationen und es werden hier immer künstlichere Methoden nöthig, um uns die anschauliche Zusammenfassung dieser Verwickelungen möglich zu machen. Wir würden daher oft für Jahrhunderte an jeder weitern Ausbildung der Wissenschaften gehindert sein, wenn uns nicht daneben der zweite Weg offen stände, auf welchem wir von den einzelnen Thatsachen, in denen die Combinationen der Elemente zu gross sind, als dass die gegenwärtige Ausbildung der Mathematik sie umfassen könnte, uns rückwärts zu den allgemeinen Gesetzen, unter denen sie stehen, zu erheben suchen. Für alle gehaltreiche Ausbildung der Wissenschaft sehen wir uns daher an die inductive Methode gewiesen und haben hier im Einzelnen den weitesten Weg von der morphologischen Weltansicht bis zur naturphilosophischen Vollendung der Theorie zurückzulegen. Fast alle Disciplinen mit Ausnahme der reinen Bewegungslehre stehen hier noch sehr im Anfang ihrer Ausbildung, und die *a priori* entwickelten naturphilosophischen Gesetze geben uns für die meisten Fälle nur leitende Maximen, Regeln, nach denen wir im Fortschritt die Zulässigkeit der Hypothesen beurtheilen, oder die Methoden bestimmen können, indem jene uns das Endziel, die reine und höchste Aufgabe aller Naturwissenschaften nennen.

14. Die Anwendung der allgemeinen Begriffe *a priori* auf die Erkenntniss ist nur möglich durch ihre Verbindung mit einer anschaulichen Vorstellung (Schema, schematisirte Kategorien). Die Verbindung ergiebt sich als eine ursprüngliche Thätigkeit der Vernunft. So ist z. B. Veränderung eines Zustandes eine anschauliche Vorstellung, welche sich mit den Kategorien von Ursache und Wirkung verbindet. Suchen wir nun die allgemeinsten anschaulichen Vorstellungen auf, so finden wir als solche die mathematischen und unter diesen die Zeitbestimmungen nach folgender Uebersicht:

Grösse	Beschaffenheit
Zahl.	Grad.
Verhältniss	Modalität
Andauer in der Zeit (Beharrlichkeit).	Seyn zu irgend einer Zeit.
Zeitfolge (Veränderung).	Seyn zu einer bestimmten Zeit.
Gleichzeitigkeit.	Seyn zu aller Zeit.

Verbinden wir diese mit den Kategorien und sprechen diese Verbindung als Regel aus, so erhalten wir in der letztern die allgemeinsten Gesetze, unter denen alle Natur stehen muss, die Bedingungen für die Möglichkeit einer Erfahrung. Im weitern Fortschritt werden dann diese Kategorien durch die Anschauung immer specieller schematisirt und wir dadurch zu immer specielleren metaphysischen Ge-

setzen geführt. So erhalten wir denn ein System der metaphysischen Naturerkenntniss, welches uns die Regulative für alle unsere Naturerkenntnisse giebt.

15. Von diesem Systeme will ich hier nur einige der wichtigsten Punkte hervorheben und verweise für die vollständige Entwickelung desselben auf *Fries* System der Metaphysik (1824) und *Apelt* Metaphysik (1857).

Zunächst bestimmen wir hier Aufgabe, Methode und Beurtheilung aller naturwissenschaftlichen Disciplinen. Die allgemeinste Aufgabe ist, die morphologische Weltansicht durch die allein wissenschaftlich vollständige, die hylologische, zu ersetzen, also »allen Wechsel der Erscheinungen auf Bewegung durch Gegenwirkung der Massen in der Ferne oder in der Berührung zurückzuführen.«

Die Methoden dazu sind zweifach:

1) Die theoretische Entwickelung aus constitutiven Principien. Diese führt uns unmittelbar in die hylologische Weltansicht. Hier haben wir als Wesen* die Masse, als Eigenschaften ihre Zustände in Ruhe und Bewegung, als Regeln die mathematischen Gesetze der Bewegung.

2) Die inductive Methode. Diese geht von der morphologischen Weltansicht aus. In ihr haben wir aber als Wesen die Gestalten unter Art begriffen**, als Eigenschaften die unendliche Mannigfaltigkeit der veränderlichen Qualitäten, die in ihrer verschiedenen Verbindung und Aufeinanderfolge das Dasein und die Entwickelungsgeschichte der Individuen bedingen, als nächste Regeln, unter welchen die Arten stehen, die specifischen Bildungstriebe.

16. Vom Uebrigen hebe ich Folgendes hervor:

1) Gesetz der Stetigkeit. Jeder Gegenstand der Anschauung ist eine stetige Grösse, in der kein Theil der kleinste ist. Jeder Gegenstand der Anschauung ist es nur dadurch, dass er den Raum erfüllt, er muss also eben so wie der Raum ins Unendliche theilbar sein. (Abweisung jeder atomistischen Hypothese.)

2) Gesetz der Bewirkung. Jede Veränderung ist nothwendige Wirkung einer Ursache und jedes Wesen beharrt in seinem Zustand, bis dieser durch Ursachen verändert wird. (Abweisung jedes Mysticismus, welcher anthropopathisch Selbstbestimmung in die Natur einführt.)

3) Grundsatz der Verknüpfung. In der Natur ist Alles durch nothwendige (wesenlose) Gesetze verbunden. Es herrscht also ein wesenloses Schicksal, keine nach Zwecken wirkende Intelligenz in der Natur. (Abweisung aller teleologischen Erklärungsgründe für vollendete Naturwissenschaft.)

17. Die Fortleitung dieser Betrachtungen führt uns dann in gedoppelter Weise weiter:

---

* Nach folgender Ableitung: Wesen ist, was wir uns nur im Subject des kategorischen Urtheils denken können. Wir können aber nur im Subject des kategorischen Urtheils allein das denken, was in der Zeit beharrt, also die Masse. Gesetz der Beharrlichkeit der Substanz.

** Nach ähnlicher Ableitung wie in der vorigen Anmerkung könnten wir in der morphologischen Weltansicht auf die Arten als das allein Beharrende geführt werden. Dem Gesetz der Beharrlichkeit der Substanz in der hylologischen Weltansicht entspräche dann in der morphologischen Weltansicht das Gesetz der Specification, d. h. Gegenstände unserer wissenschaftlichen Erkenntniss können nur discret neben einander liegende, in der Zeit andauernde Arten sein. Diese sind Producte bestimmter Bildungstriebe, und die nächste wissenschaftliche Aufgabe in der morphologischen Weltansicht ist also vollständige Specification aller Bildungstriebe. Nur ist hier nicht ausser Acht zu lassen, dass der Art als Begriff und dem Gesetz des Bildungstriebes als Form eigentlich keine Wesenheit zukommt.

a. Wir erhalten in Phoronomie, Dynamik und Mechanik eine naturphilosophische Lehre, aus der wir die höchsten constitutiven Principien für die hylologische Weltansicht entnehmen.

b. Dieselben können wir in den inductiven Wissenschaften, so weit die morphologische Weltansicht noch vorherrscht, nur als Regulative anwenden, daneben aber erhalten wir dann noch in der Stöchiologie und Morphologie naturphilosophische Principien für die Entwickelung der morphologischen Weltansicht, die uns insbesondere als heuristische Maximen für die Ueberführung derselben in die hylologische Weltansicht gelten.

18. In weiterer Anwendung der Metaphysik der Natur auf rein anschauliche Vorstellungen erhalten wir zunächst eine Lehre von den nothwendigen allgemeinen Gesetzen der Bewegung, Phoronomie, deren Hauptgrundsatz ist:

Das Gesetz der Relativität aller Bewegung. Jede Bewegung eines Körpers bezieht sich nur auf sein Verhältniss zu andern Körpern, also auf den relativen Raum, der durch sie bestimmt wird, und ich kann die Bewegung ebensowohl dem Körper, als dem relativen Raume in entgegengesetzter Richtung beilegen.

Als wichtigste Folge davon ergiebt sich das sogenannte Parallelogramm der Kräfte.

Hierüber ist *Fries'* Versuch einer mathematischen Naturphilosophie 1822 zu vergleichen.

19. Durch Anwendung der metaphysischen Grundbegriffe auf die Phoronomie erhalten wir eine Dynamik, indem wir die in der Materie liegende zulängliche Ursache der Bewirkung oder Veränderung einer Bewegung als Grundkraft dieser Materie beilegen. Folgendes sind die leitenden Gedanken:

Materie ist das Gegenwärtige im Raum, sie erfüllt denselben, d. h. sie leistet jedem Beweglichen, was in ihn einzudringen versucht, Widerstand. Bewegung kann nach phoronomischen Grundsätzen aber nur durch eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung aufgehoben werden, also erfüllt die Materie den Raum nur mittelst einer besondern bewegenden Kraft. Von diesem Eingang aus werden wir zunächst zu einer zurückstossenden Kraft in der Berührung zu einer anziehenden in die Ferne geführt und finden so, dass überhaupt aller Materie wesentliche Grundkräfte als ursprüngliche Eigenschaften zukommen müssen. Die naturphilosophische Bestimmung der Wirkung dieser Grundkräfte ist die Dynamik.

Hierher gehört dann

a. das Gesetz, dass allseitig in die Ferne anziehende Kräfte im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernungen abnehmen (Newton'sches Gravitationsgesetz);

b. dass ursprüngliche Flächenkräfte im geraden Verhältniss der Dichtigkeit ihrer Massen, also im umgekehrten Verhältniss des Volumens derselben wirken (Mariotte'sches Gesetz).

20. Endlich bestimmt uns die Anwendung der allgemeinsten Naturgesetze auf die empirisch gegebene Raumwelt noch eine Gesetzgebung, die allgemeine Mechanik. Hierher gehören folgende Gesetze:

a. Cartesisches Gesetz der Grösse der Bewegung: die Grösse der Bewegung wird gemessen durch das Product der Masse in die Geschwindigkeit.

b. Gesetz der Beharrlichkeit von Masse und Kraft: bei allen Veränderungen der körperlichen Natur bleiben die Quantität der Materie und ihre Grundkräfte unveränderlich. Werden wir daher inductorisch zur Annahme einer

Kraft geführt, die veränderlich ist, so haben wir es noch mit keiner Grundkraft zu thun. (Abweisung der Hypothese von einer Lebenskraft als Grundkraft gewisser Materie.)

c. Das Gesetz der Trägheit: alle Veränderung in der Materie hat eine äussere Ursache.

d. Gesetz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung. In allen unmittelbaren Gegenwirkungen zwischen zwei Massen erhält jede gleiche Quantität der Bewegung, aber die eine in entgegengesetzter Richtung als die andere. Dieses Gesetz gilt nur für die unmittelbare Wirkung der Grundkräfte und unterscheidet dynamische von mechanischen Gegenwirkungen, aber nicht etwa die organische von der unorganischen Natur. (Abweisung von *Link's* verworrener Auffassung in seinen *Elem. phil. bot. ed. alt. p.* 4. *f.*)

21. Aus der Anwendung der metaphysischen Grundbegriffe und Grundsätze auf die morphologische Weltansicht entwickelt sich uns naturphilosophisch die Stöchiologie und Morphologie. Hier wird uns Folgendes wichtig: die Massen treten zunächst nach der verschiedenen Beschaffenheit und dem verschiedenen Verhalten ihrer Grundkräfte nach Arten auseinander; diese Arten der Masse nennen wir Stoffe, die nicht wieder aus andern Stoffen zusammengesetzten wirkliche Grundstoffe oder Elemente, die, deren Zerlegung in Grundstoffe noch nicht gelungen ist, empirische Elemente (die bekannten 55 Elemente der Chemie).

Die Stoffe erscheinen dann unter verschiedenen Formen der Zusammensetzung der Theile einer Masse, die Aggregationsformen des Starren und Flüssigen. Das Flüssige theilt sich weiter ein in das tropfbar Flüssige, das elastisch Flüssige (Gasförmige) und strahlend Flüssige*. Unter allen diesen ist nur die Erklärung der Gasform unmittelbar in der Ausdehnungskraft schwerer Massen gegeben. Alle andern erfordern besondere Erklärungsgründe.

Durch die Grundkräfte der Materie in den verschiedenen Stoffen und durch die Formen der Aggregation sind die Formen der Wechselwirkung in der Körperwelt bedingt. Hier ist nur Folgendes hervorzuheben: Die Gravitation z. B. beherrscht mit ewiger Gesetzmässigkeit das Bestehen des ganzen Himmelsbaues. Aber sie erklärt eben nur das Bestehen desselben unter der Voraussetzung eines rein geometrischen Verhältnisses zum Raume, indem wohl die Fortdauer der Bewegungen in Kegelschnitten, aber nicht die Tangentialbewegung, also die Möglichkeit der Entstehung der Bahnen durch sie gegeben ist. Dieses macht uns auf die unvermeidliche Unvollständigkeit unserer Naturerkenntniss, welche aus der endlichen Eingrenzung derselben in die Unendlichkeit der Zeit und des Raums hervorgeht, aufmerksam, indem neben aller Gesetzlichkeit im Ablauf der Erscheinungen immer die Zufälligkeit der mathematischen Zusammensetzung stehen bleibt, die von der Wirkung der Grundkräfte ganz unabhängig ist. Die daraus hervorgehenden Verhältnisse, z. B. die Zahl der Planeten unsers Sonnensystems, die Reihe der Planetenabstände, die Neigungen ihrer Bahnen sind nun das eigentlich Specificirende in den Naturprocessen, und in ihrer Verbindung mit den Grundkräften nennen wir daher zum Unterschiede von den letztern diese ganzen Formen der Wechselwirkung Naturtriebe. Die mathematische Construction der Hauptarten der Naturtriebe wäre also hier eigentlich die Aufgabe der Naturphilosophie. Wir dürfen nämlich

* Diese Form fällt vielleicht durch die Undulationshypothese mit der vorigen zusammen.

niemals als Erklärungsgrund eines Naturprocesses unmittelbar einen besondern Stoff oder eine besondere Kraft voraussetzen, sondern nur einen Naturtrieb, der sich aus einem mathematischen Gesetz der Grundkräfte und einem geometrischen Verhältniss der bewegten Massen zum Raum ableiten lässt. Wir können hier wieder die Formen möglicher Naturprocesse anticipiren *.

a. Gravitationsprocesse. Processe unter der Herrschaft anziehender Kräfte in die Ferne. Mechanik des Himmels, allein unter allen physikalischen Aufgaben vollständig gelöst.

b. Undulationsprocesse unter der Herrschaft zurückstossender Kräfte in der Berührung. Akustik, Optik, Wärme (?).

c. Polarisationsprocesse unter der Herrschaft zurückstossender Kräfte in die Ferne. Elektricität und Magnetismus.

d. Neutralisationsprocesse. Processe der Mischung und Ausscheidung unter der Vorherrschaft anziehender Kräfte in der Berührung. Wir haben hier insbesondere der unnützen und schwerfälligen Hypothese der Atomistik entgegen zu treten. Absolute Undurchdringlichkeit der Materie ist ein freilich schwer auszurottendes Vorurtheil, welches dieser grossen Verirrung der Naturwissenschaft zum Grunde liegt und nur deshalb so festgehalten wird, weil so selten Jemand vollkommene innere Consequenz sich zur Aufgabe macht, geschweige denn erreicht. Folgendes mag dazu dienen, das völlig Unhaltbare dieser ganzen Anschauungsweise klar zu machen. Lassen wir uns zunächst auf die Hypothese selbst ein und legen die neuere Chemie zu Grunde, so finden wir alle chemische Verbindung aus der Aneinanderlagerung der als absolut hart und undurchdringlich geschilderten Atome erklärt. Zugleich aber wird angegeben, dass sich 1 Atom Quecksilbergas und 1 Atom Chlor- oder Bromgas zu 1 Atom Quecksilberchlorid- oder Bromidgas und 1 Volumen Quecksilbergas und 1 Volumen Chlor- oder Bromgas zu 1 Volumen Quecksilberchlorid- oder Bromidgas verbinden. Das sind aber eben nach der Atomistik ganz unmögliche Verbindungen, denn 1 Atom + 1 Atom sind 2 Atomvolumina und diese können unmöglich zu 1 Atomvolumen sich verbinden, wenn sich die Atome nicht durchdringen. Aber auch von anderer Seite her ist die ganze atomistische Chemie leicht zu widerlegen. Nach optischen Gesetzen muss jedes Gemenge ungleichartiger Stoffe um so undurchsichtiger sein, je kleiner die Partikelchen sind, aus denen es besteht. Nun wäre aber jede chemische Verbindung nach der atomistischen Hypothese nur ein mechanisches Gemenge verschiedenartiger Stoffe, wobei die gleichfalls unhaltbare Hypothese der bestimmten Anordnung der einzelnen Theile und die Verhältnissmässigkeit der Massen hierbei in Bezug auf das Licht nicht in Betracht kommt. Nun ist aber eine Auflösung von Bleioxyd in Salpetersäure, eine Verbindung von Schwefelsäure mit Natron u. s. w. vollkommen durchsichtig, sie muss also auch vollkommen homogen sein und kann in keinem ihrer kleinsten Theile Blei und Sauerstoff, oder Schwefel und Natrium neben einander gelagert enthalten. — Eine äusserst geistreiche und schlagende Widerlegung der atomistischen Fiction hat in neuerer Zeit *Faraday*, früher einer der eifrigsten Vertheidiger derselben, gegeben. Nach der Atomistik muss jedes Atom vom andern nothwendig durch einen leeren Raum getrennt sein. Nun sind aber nur folgende Fälle möglich, entweder leitet

* Ich verdanke gar vieles in der Naturphilosophie und insbesondere die folgende Uebersicht den scharfsinnigen Untersuchungen meines Freundes *Apelt* (s. dessen Metaphysik).

der leere Raum die Elektricität oder die Atome, oder beide, oder keines. Auf jeden Fall also kann es nur entweder Leiter oder Nichtleiter der Elektricität geben. Da nun aber thatsächlich Leiter und Nichtleiter zugleich vorhanden sind, so enthält die Atomistik eine Unmöglichkeit, ist also unbedingt verwerflich. — Für die flüssigen Verbindungen widerspricht endlich noch das Gesetz der Schwere der atomistischen Hypothese; aus jedem solchen Gemenge ungleicher Theilchen müssten sich mit der Zeit unausbleiblich die schwereren zu Boden senken und so die Verbindung auflösen.

Wir müssen also die Begriffe hier so bestimmen:

A. Gemenge ist eine Verbindung ungleichartiger Stoffe, in welcher ungleichartige Theile neben einander liegen.

B. Mischung ist eine Verbindung ungleichartiger Stoffe, in welcher durchaus nichts Ungleichartiges neben einander ist.

Was nicht neben einander und doch wirklich verbunden ist, muss in einander gedacht werden. Mischung besteht also in der gegenseitigen Durchdringung beider Stoffe und es zeigt sich, dass Undurchdringlichkeit nicht eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist* noch sein kann, sondern nur da stattfindet, wo eben keine mischenden Kräfte (anziehende Kräfte in der Berührung) wirksam sind.

Die Mischungen unterscheiden sich dann aber wieder nach folgenden Verhältnissen:

1. Mischungen ohne bestimmtes Mengenverhältniss beider Stoffe = Mischungen im engern Sinne, z. B. Wasser und Alkohol.

2. Mischungen mit bestimmtem relativen Mengenverhältniss (*Maximum*) für den einen der Stoffe = Auflösungen, z. B. 1 Theil Wasser mit höchstens $^{37}/_{100}$ Kochsalz, 1 Theil thierischer oder pflanzlicher Membran mit höchstens x Theilen Wasser.

3. Mischungen mit bestimmten absoluten Mengenverhältnissen beider Stoffe = chemische Verbindungen im engern Sinne des Worts, z. B. 142 Theile Stickstoff mit 80 oder 160 oder 240 oder 400 Theilen Sauerstoff.

Bei allen Mischungen und Trennungen sind es aber nicht die mischenden Kräfte allein, welche concurriren, sondern es treten dabei zugleich immer alle übrigen Kräfte der Stoffe in gegenseitige Wechselwirkung und deshalb sind wir aus der blossen Erkenntniss der mischenden Kräfte und ihrer Wirkungen noch nicht zum kleinsten Theil über die Natur der aus der Mischung hervorgehenden Stoffe aufgeklärt.

e. Morphologische Processe. Hier bleibt uns zur Zeit noch völlig verborgen, welche Grundkräfte diese Processe beherrschen, und wenn auch aus den Erscheinungen an Krystallen und aus der elektrischen Spannung zwischen zwei zu einer ächten chemischen Verbindung zusammentretenden Stoffen sehr wahrscheinlich wird, dass Polarisationsprocesse, also abstossende Kräfte in die Ferne zu Grunde liegen, so sind hier doch sicher auch eigenthümliche Combinationen der Grundkräfte noch modificirt durch die Verhältnisse der Stoffe, in denen sie wirksam sind, vorhanden. Diese uns noch unbekannten Combinationen der Grundkräfte, deren Wirkungen die Gestalten sind, bezeichnen wir mit dem Worte »Bildungstriebe«, für welche weiter unten noch die speciellen Bemerkungen zu geben sind.

---

* Wie wahrscheinlich auch aus dem Verhältniss der Himmelskörper zum Lichtäther sich ableiten lässt.

§. 2.

Erörterungen über Gegenstand und Aufgabe der Botanik.

Nichts ist geist- und gehaltloser, als der Beginn einer naturwissenschaftlichen Disciplin mit einer saubern Definition der Wissenschaft und ihres Gegenstandes. Das scholastische Vorurtheil für die Herrschaft der Logik, das dogmatische Vorurtheil für systematische Vollständigkeit und Vergliederung haben leider diesen Fehler fast stereotypirt und er wird nicht so schnell sich ausmerzen lassen. Die Fehlerhaftigkeit ist leicht klar zu machen, die Disciplinen selbst haben gar keine innere, aus der Gleichartigkeit der darin enthaltenen Kenntnisse hervorgegangene Einheit, sondern nur eine äussere, von dem Gegenstande hergenommene, und es heisst daher gewöhnlich mit ergötzlicher Trivialität: »Botanik ist die Wissenschaft von den Pflanzen«, wodurch die Einsicht des Schülers natürlich wesentlich gefördert wird; wenn er auch von der Sache nichts erfährt, lernt er doch die deutsche Uebersetzung des griechischen Worts. Den Gegenstand der Botanik oder einer andern Disciplin zu definiren ist aber ebenfalls unthunlich, denn die Aufgabe ist eben die vollständige Erkenntniss des Gegenstandes, also die Möglichkeit einer Definition. Eine Definition würde also die Lösung der Aufgabe anticipiren. Die Folge dieser Anticipation ist dann die allen gesunden logischen Grundlagen Hohn sprechende Verwirrung der Begriffe und die selbst in neuester Zeit wieder auftauchende Behauptung, dass derselbe Naturkörper bald Thier bald Pflanze sein könne, was sich freilich leicht erweisen lässt, wenn man nur von der gehörig zusammengeflickten Definition ausgeht.

Das reine inductive Verfahren muss dagegen von vorn herein auf eine Definition des Gegenstandes einer naturwissenschaftlichen Disciplin verzichten. Kein Physiker ist ein solcher Thor, von der Definition des Lichts, des Magnetismus, der Elektricität u. s. w. auszugehen. Er beginnt vielmehr mit den unmittelbar gewissen Thatsachen und sieht es für seine höchste Aufgabe an, von ihnen sich allmälig zu einer genauen Kenntniss der Natur des Lichts zu erheben, wobei er sich es ruhig gefallen lässt, wenn Bauer und Bürger ihn vielleicht auslachen, dass er nicht einmal wisse, was Licht sei. Bei den andern Disciplinen ist's aber um nichts anders. Jedermann glaubt recht gut zu wissen, was ein Stein, ein Thier, eine Pflanze sei. Der gebildete Naturforscher sieht aber darin nur die Schemata der productiven Einbildungskraft, die in völlig schwankenden Umrissen jedem Einzelnen nach dem Umfang seiner Erfahrung in anderer Zeichnung vorschweben, er weiss, dass, um völlig richtig und deutlich die Begriffe dieser Naturkörper hinzustellen, er noch den weitesten Weg vor sich hat, und dass eben die Aufgabe der allmäligen Ausbildung des Schema's zum deutlichen Begriff sein Thun und Treiben von dem Wissen des kenntnissreichen Laien unterscheidet; er weiss endlich aus einer genauen Kenntniss der Geschichte der Wissenschaft, dass es lange Zeit, genaue Beobachtung, oft glückliche Zufälle und den Scharfsinn der ausgezeichnetsten Köpfe erfordert hat, um selbst nur die allerrohesten Grenzlinien ziehen zu können. Ist's denn etwa so lange her, dass man sich noch darüber stritt, ob die Polypen Steine oder Pflanzen seien; seit wie vielen Jahren steht denn *Corallina* nicht mehr unter den Thieren; ist denn der Streit über die Natur der Spongien und Spongillen schon so ganz und gar geschlichtet? Wenn das aber bei grossen, leicht zu beobachtenden Naturkörpern geschieht,

so ist leicht zu ermessen, wie viele Jahre und vielleicht Jahrhunderte noch darüber hingehen werden, bis wir bei den kleineren einfacheren und schwerer zu beobachtenden Organismen genügend scharfe Grenzlinien zwischen Pflanzen und Thieren ziehen können.

1. Der vorige Paragraph gewährte in einer flüchtigen Skizze einen Ueberblick über die so sehr verschiedenen Elemente der menschlichen Erkenntniss; danach müssen wir uns orientiren, wenn wir die Natur der Botanik als besonderer Disciplin erfassen wollen. Sie gehört daher den Naturwissenschaften aus körperlicher Weltansicht an, und da ihr Gegenstand das Product eines Bildungstriebes ist, so muss sie ganz von der morphologischen Weltansicht beginnen und kann sich nur allmälig zur hylologischen erheben. Ihre Methode ist also ausschliesslich die inductive. Es fehlt uns hier also an naturphilosophischen Grundbegriffen und constitutiven Principien, von denen wir ausgehen könnten. Die morphologische Weltansicht bewegt sich aber in den subjectiven Bildern und Schematen. Das nächste Erforderniss wird also hier sein, dass wir uns orientiren und über die Gegenstände, von denen wir reden, verständigen. Das kann nicht durch Definitionen und Eintheilungen nach logischem Fachwerk geschehen, sondern nur durch gehaltvolle Expositionen, durch lebendige Erörterungen über die Gegenstände unserer Thätigkeit, die nicht den Begriff abschliessen und den Geist fesseln, sondern nur einen festen Ausgangspunkt bestimmen und den Gedanken wecken wollen. Hier ist es also am Orte, einen genauen Ueberblick über die grösseren Gruppen von Bildungstrieben uns zu verschaffen, um vorläufig uns willkürliche Grenzen zu ziehen, zur Sicherung gegen Verwirrung der Begriffe; ohne damit zu behaupten, dass diese Grenzen bei dem Fortschritt oder der Vollendung der Wissenschaft dieselben bleiben müssten.

2. Unter die allgemeinste naturwissenschaftliche Aufgabe, allen Wechsel der Erscheinungen auf Bewegungen zurückzuführen und nach mathematischen Gesetzen aus Grundkräften der Anziehung und Abstossung zu erklären, fällt auch die Construction des Bildungstriebes. Von der Lösung dieser Aufgabe sind wir noch so weit entfernt, wie man von der Construction der Gravitationsprocesse vor *Newton*, vielleicht selbst vor *Keppler* entfernt war. Das thut aber der Richtigkeit der Aufgabe keinen Abbruch. Am nächsten wird und muss diese Aufgabe bei den Krystallen gelöst werden, und dass zwischen diesen und den sogenannten Organismen kein absoluter Gegensatz sei, sondern nur ein gradweiser Unterschied zwischen analogen Naturprocessen, hat uns *Schwann* mit eminentem Scharfsinn inductorisch entwickelt.

Es ist allgemeines Naturgesetz (d. h. überall bestätigte Erfahrung), dass sich die Gestalt als das relativ Feste nur aus dem Flüssigen bildet. Theoretisch liesse sich dieses Gesetz so ableiten: Bildung einer Gestalt ist Bewegung der einzelnen Theilchen einer Materie bis an eine gewisse Stelle. Der flüssige Zustand ist aber der einzige, bei welchem ohne Aufhebung des Zusammenhangs die Beweglichkeit der einzelnen Theile im höchst möglichen Grade vorhanden ist, also ist Gestaltbildung nur im Flüssigen möglich. Wir können hier als den allgemeinsten Theilungsgrund aufstellen, dass die Gestalt bei ihrer Entstehung die Mutterlauge, wenn wir mit diesem passenden der Chemie entlehnten Worte ganz allgemein die aus sich Gestalten bildende Flüssigkeit bezeichnen, ich sage — dass die Gestalt die Mutterlauge entweder ausschliesst oder einschliesst. Ich muss hier noch bemerken, dass die bildende Kraft nur in der Materie, in der Flüssigkeit liegen kann, denn Kraft ohne Substrat ist ein unzulässiger Begriff. Nicht die Gestalt bildet sich, wie es

so oft falsch ausgedrückt wird, sondern die Flüssigkeit bildet sie. Die bildende Thätigkeit kann nicht die Aeusserung der schon der Idee nach vorhandenen Gestalt, etwa in der Art Aristotelischer Entelechie, angesehen werden, sonst käme es nie zur Gestalt, da eine gesunde Philosophie sich keine Thätigkeit eines Dinges, das nicht existirt, vorstellen kann, diese Thätigkeit aber vor dem Erscheinen jeder Spur von Gestalt schon da sein muss, weil es sonst auch nicht einmal zu jener Spur von Gestalt käme.

In dem ersten der angeführten Fälle, wenn nämlich die Gestalt die Mutterlauge ausschliesst, ist die Gestalt (das Feste) homogen, eine Differenz zwischen Innerm und Aeusserm ist nicht gegeben und daher eine Wechselwirkung zwischen Innerm und Aeusserm vermittelt durch die Gestalt unmöglich. Die Natur macht hier den ersten Versuch zur Gestaltung, es ist die niedrigste Stufe der bildenden Thätigkeit. Die bildende Kraft bleibt hier lediglich ein Aeusseres, von allen Seiten her Wirkendes und durch keine Einwirkung von Innen heraus Bedingtes, somit ist aber auch das Verhältniss einer Fläche zu einer gleichförmig von einem Punkte aus wirkenden Kraft, also die gebogene Fläche ausgeschlossen. Das Geschöpf ist einzig und allein nach wie vor den unmodificirten mathematischen, physikalischen und chemischen Gesetzen unterworfen. Das Gebilde steht zu seiner Mutterlauge in keiner nothwendigen, sondern in einer zufälligen bloss äusserlichen Beziehung und entfernt von derselben hört jede Wechselwirkung mit ihr, also auch jede Fortbildung auf. Es ist die Natur des Krystalls, die ich hier schildere.

Der zweite Fall war der, wo die Gestalt die Mutterlauge einschliesst. Hier bezieht sich sogleich die ganze Bildung auf ein Inneres, auf einen Punkt, der nach allen Seiten auf die Entstehung der Gestalt einwirkt, wodurch eben bei gleichförmiger Einwirkung eines Punkts auf eine Ebene die, alle sogenannten organischen Körper charakterisirende, gebogene Fläche bedingt werden mag. Wir wollen diese einfache Gestalt, wo das relativ Feste einen Theil der Mutterlauge umschliesst, im Allgemeinen eine Zelle nennen. Hier finden wir gleich als wesentliches Element die Differenz zwischen Inhalt und gestalteter Hülle, also zwei mit Nothwendigkeit gegebene Factoren gegenseitiger Wechselwirkung. Es liesse sich nun freilich der Fall denken, dass das *Continens*, die Zelle, ein absoluter Isolator zwischen den physikalischen Kräften des Weltalls und insbesondere der Erde und dem *Contentum*, der eingeschlossenen Mutterlauge, wäre; aber abgesehen davon, dass auch selbst für eine einzelne physikalische Kraft uns die Erfahrung keinen absoluten Isolator aufweist, so giebt sie uns auch für die thierische und pflanzliche Membran insbesondere ganz entschieden das Gegentheil an die Hand. Ihr kommt allgemein, so weit unsere Erfahrung reicht, ausser der Durchdringlichkeit jeder Materie für die Imponderabilien noch die Permeabilität für ponderable Stoffe im tropfbar flüssigen Zustande zu, ohne dass wir berechtigt wären, eine andere Unterbrechung der Continuität in derselben anzunehmen, als bei dem für das Licht durchdringlichen Glase. Die physikalischen Kräfte wirken also auf den Inhalt der Zelle fort, aber modificirt durch die Vermittelung der umschliessenden Form. Die Gestalt steht mit der Mutterlauge in einer nothwendigen Wechselwirkung, und wenn die Mutterlauge, welche in der Zelle eingeschlossen ist, fortfährt Gestalten zu bilden, so müssen diese (die neuen Zellen) in einem nothwendigen Zusammenhange mit der ursprünglichen Gestalt und der Mutterlauge stehen und von ihrem Einflusse abhängig sein, wodurch schon die Möglichkeit der Fortpflanzung, d. h. die Bestimmung einer

neu entstandenen Gestalt, in ihrer Entwickelung einer schon vorhandenen als bestimmenden gleich oder ähnlich zu werden, gegeben ist.

Wollen wir nun die Ausdrücke lebendig und unbelebt, organisch und unorganisch auf diese verschiedenen Producte des Bildungstriebes anwenden, so können wir immerhin die ersteren, die Krystalle, unorganische, unbelebte, die andern, die Zellen, organische, lebende Wesen nennen. Doch müssen wir uns beständig dabei erinnern, dass wir eine Reihe von uns gegebenen Formen willkürlich nach einem beliebigen Eintheilungsgrund zerschnitten haben und dass wir eben so sehr berechtigt sind, jeden andern Eintheilungsgrund zu gebrauchen.

Wir charakterisiren also hier den Begriff Organismus als das Verhältniss der Gestalt zur eingeschlossenen Mutterlauge und Leben als Wechselwirkung zwischen der Mutterlauge und der Gestalt, zwischen dem Inhalt und den äussern physikalisch-chemischen Kräften vermittelt durch die Gestalt und endlich Wechselwirkung zwischen der primären Gestalt und den in der bereits eingeschlossenen Mutterlauge später erzeugten Gestalten. Für Alles nun, was aus Zellen gebildet ist, können wir die Nothwendigkeit dieser drei so eben unter dem Worte Leben zusammengefassten Processe in Anspruch nehmen, und Alles, was unmittelbare Folge dieses Verhältnisses ist, muss auch für diese Gebilde gleichmässig Gültigkeit haben, Alles was aber nicht schon in dieser Definition als Merkmal enthalten ist oder daraus folgt, dürfen wir, wenn wir es z. B. bei den Thieren finden, nicht sogleich auf die Pflanze übertragen oder als Unterstützung zur Erklärung eines Vegetationsprocesses gebrauchen, denn gerade der Punkt kann ja möglicherweise einen Unterschied zwischen beiden ausmachen, z. B. müssen wir in beiden Reichen nach Fortpflanzung suchen, jedoch über die Form derselben in einem Reiche nach der Analogie mit dem andern entscheiden zu wollen, ist geradezu logisch falsch.

3. Das eigentliche Räthsel des Lebens zerfällt, wenn wir es genauer betrachten, in zwei Probleme:

1) die Construction eines in regelmässiger Periodicität sich selbst erhaltenden Systems von bewegenden Kräften;

2) die Construction des Gestaltungsprocesses.

Nun fällt aber die Lösung der einen wie der andern eben bezeichneten Aufgaben überhaupt nicht innerhalb der Grenzen des Organischen. Die erste ist bereits gelöst durch die Construction des Sonnensystems, welches nur die einfachste Form eines solchen Lebensprocesses ist. Man könnte hier drei Ordnungen solcher Systeme unterscheiden.

a. Die Sonnensysteme, die einfachsten, weil sie auf den für uns sogenannten Grundkräften beruhen und uns am selbstständigsten und unabhängigsten erscheinen.

b. Die einzelnen Weltkörper für sich, von denen wir freilich nur die Erde mit einiger Gründlichkeit zu erforschen im Stande sind. Hier ist die Sache dadurch schon verwickelter, dass hier die Processe einmal von dem Systeme nächst höherer Ordnung abhängig und dann die wirkenden Kräfte schon grösstentheils abgeleitete, also mehrere, sind und vielfach verschiedene, wodurch die Complicationen steigen.

c. Endlich die sogenannten Organismen auf der Erde. Hier wird nun die Aufgabe aus denselben Gründen, wie bei der vorigen Abtheilung, aber in viel höherer Potenz schwieriger und verwickelter.

Es scheint mir klar, dass diese drei Probleme nur gradweise verschieden sind, und die Möglichkeit ihrer Auflösung beruht nur darauf, dass die Empirie allmälig alle einzelnen Elemente, die in Rechnung zu ziehen sind, messbar macht, was freilich noch heute oder morgen nicht geschehen wird, aber offenbar nicht als der menschlichen Kraft unerreichbar erscheint. Von der grössten Wichtigkeit ist es aber, einzusehen, dass diese Möglichkeit wenigstens *in abstracto* vorhanden ist, sollte sie es auch nicht *in concreto* sein, etwa wie die Berechnung der eigenthümlichen Bewegung der Sonne auch nur deshalb unmöglich erscheint, weil die Complicationen die menschliche Fassungskraft übersteigen, nicht aber weil sie etwa den mathematischen Gesetzen nicht unterworfen sei. Wer diesen Punkt nicht klar eingesehen hat und fest und unverrückt im Auge behält, wird jeden Augenblick in Gefahr sein, sich in abenteuerliche Träumereien zu verlieren, statt Wissenschaft zu finden. Dieser Punkt ist es, welcher für alle unsere morphologischen Wissenschaften die oberste leitende Maxime bestimmt, indem uns hierdurch das Endziel genannt wird, nach welchem wir hinstreben sollen.

Das andere oben erwähnte Moment des Lebens, die Gestaltung, liegt aber offenbar auch auf dem Gebiete des Unorganischen und die Aufgabe einer Construction desselben muss zuerst bei den Krystallen gelöst werden*.

Die Auflösung des Räthsels des Organismus zerfällt also in die Construction eines Naturtriebes, des Selbsterhaltungsprocesses (§. 1, 21.), und eines Bildungstriebes, des Gestaltungsprocesses (§. 1, 21. e.), und in die Construction des Gesetzes, nach welchem beide mit einander verbunden sind. Nach mannigfachen Seiten hin hat die Schwierigkeit der Lösung, die man lieber umgehen als mühsam erringen wollte, grosse Verworrenheit hervorgerufen. Hierher gehört, nächst der noch immer nicht völlig ausgemerzten Entelechienlehre des *Aristoteles* für den Gestaltungsprocess, insbesondere auch die Annahme einer besondern Lebenskraft für den Selbsterhaltungsprocess bald bewusster, bald unbewusster in Verbindung mit dem Gestaltungsprocess. Schon im §. 1. habe ich die Stelle angedeutet, wo im ganzen Zusammenhang unserer Erkenntnisse die Annahme einer Lebenskraft ihre Abweisung findet. Hier will ich wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes denselben noch von einer andern Seite beleuchten.

Bedenken wir, welchen Zeitraum (nämlich von der Alexandrinischen Schule bis auf *Newton*) man gebraucht hat, um in den so einfachen Verhältnissen der kosmischen Formen von der Beobachtung der Erscheinungen bis auf die Erkenntniss der Grundkräfte vorzudringen, so werden wir uns nicht wundern dürfen, wenn wir bemerken, dass man in der Lehre vom Leben noch kaum über die ersten Anfänge hinaus ist, da hier die Verhältnisse so unendlich viel complicirter werden, und da noch insbesondere ein Moment hinzutritt, welches wir bei den kosmischen Formen fast ganz vernachlässigen können, während es für die terrestrischen Formen gerade die Hauptseiten der Betrachtung darbietet. Die Wirkung jeder Kraft, sie sei welche sie wolle, muss nämlich in Bezug auf die Form entweder auf Bildung, oder auf Erhaltung, oder auf Zerstörung der Form gerichtet sein. Die Entstehung und Zerstörung der organischen Formen geht aber mit solcher Schnelligkeit

* Merkwürdig ist, dass der Kohlenstoff, den man die Grundlage aller organischen Bildungen nennen könnte, selbst so äusserst selten in seinen Krystallformen von ebenen Flächen, meistens von sphärischen Flächen begrenzt wird, so dass selbst die krumme Fläche noch in der Morphologie des Unorganischen zu entwickeln wäre.

vor sich, dass gerade in diesem Spiel sich der Reichthum des Lebens hauptsächlich offenbart, während die Vermittelung dieses regen Wechsels durch die Wirkung der Kräfte sich der unmittelbaren Wahrnehmung entzieht und nur durch sehr schwierige wissenschaftliche Operationen, durch das Experiment und dessen Benutzung zur Anschauung gebracht werden kann. Hier bleibt aber vorläufig ein um so grösserer Theil dunkel, als wir noch nicht einmal den gesetzmässigen Verlauf im Entstehen und Vergehen der Formen vollständig kennen, geschweige denn das Spiel der Kräfte, die doch erst alsdann in Frage kommen können, wenn die Ursachen jenes Formwechsels untersucht werden sollen, und als wir unmöglich den Ursachen oder den Erklärungsgründen nachspüren können, für eine Thatsache, die wir selbst noch nicht vollständig kennen. Diese uns unbekannten Ursachen der auch nur mangelhaft bekannten Thatsachen sind es nun gerade, die wir Lebenskraft nennen. Hier ist nun leicht begreiflich, dass das Wort Kraft hier einen durchaus andern Sinn hat, als den wir sonst mit demselben verbinden. Bei der Untersuchung der kosmischen Erscheinungen, die uns allmälig durch genauere Beobachtung und vollkommnere Instrumente vollständig bekannt geworden sind, suchten wir nach einem Erklärungsgrund, d. h. nach einem einfachen Princip, aus welchem sich alle Erscheinungen ableiten und dem Maasse nach genau im Voraus bestimmen liessen. *Newton* fand diesen Erklärungsgrund in der allgemeinen Gravitation; damit waren alle jene Erscheinungen erklärt, d. h. von einer Grundkraft der Materie abgeleitet, die, nach bestimmten Gesetzen wirkend, in ihrer Gesetzlichkeit von allen Thatsachen genügende Rechenschaft gab. Weniger glücklich sind wir bis jetzt in den andern Disciplinen gewesen; hier fehlt uns für die meisten Fälle noch ein *Newton*. Indess haben wir doch in der Physik eine Anzahl verschiedenartiger Kräfte kennen gelernt, deren Wirkungsweise, an Gesetze gebunden und nach Maass und Zeit bestimmt, für gewisse Kreise von Erscheinungen eine erklärende Ableitung zulassen, wenn wir auch noch nicht behaupten dürfen, auf die letzten Gründe gekommen zu sein. Aber bei allen haben wir doch wenigstens eine feste Erkenntniss der Eigenthümlichkeiten ihrer Wirkungsweise und ihrer Gesetzlichkeit. Beides geht uns aber für die sogenannte Lebenskraft völlig ab. Niemand ist im Stande, anzugeben, was sie sei, wie sie wirke, an welche Gesetze ihre Wirkungsweise gebunden sei, wie sie gemessen, und danach der Erfolg bestimmt werden könne, und deshalb ist es auch unmöglich, sie als Erklärungsgrund für irgend eine Erscheinung, welche es auch sei, zu gebrauchen. Der Ausspruch: dieser oder jener Vorgang ist Folge der Lebenskraft, heisst durchaus nichts Anderes als: dieser Vorgang hat irgend eine Ursache, was sich natürlich von selbst versteht, welche aber, ist damit auch nicht einmal annäherungsweise bestimmt. Es ist Sache der Naturphilosophie, nachzuweisen, dass die Annahme einer Lebenskraft, als einer von den physikalischen Kräften qualitativ und ursprünglich verschiedenen, als einer den Organismen eigenen Grundkraft, ein Unding sei; hier will ich die Sache nur von der rein empirischen Seite erörtern. Es kann wohl nur von einem im höchsten Grade Unwissenden in neuerer Zeit in Abrede gestellt werden, dass in und an den sogenannten Organismen eine Menge Erscheinungen hervortreten, die demjenigen angehören, was wir mit einem Gesammtausdruck Leben nennen, und gleichwohl zur völligen Genüge als Wirkungen rein unorganischer Kräfte zu erklären sind. Dass die Chemie ganz in derselben Gesetzlichkeit, wie wir sie bei den unorganischen Körpern kennen lernen, uns viele Fragen aufgelöst hat, ist gewiss; dass Elektricität und Galvanismus auf die organischen Körper wirken, leidet keinen Zweifel;

diese sind, wie alle Körper, der Schwerkraft, den Gesetzen der Cohäsion, Adhäsion u. s. w. unterworfen. Aber von keiner einzigen der genannten und der übrigen physikalischen Kräfte kennen wir jetzt die Grenze ihrer Wirksamkeit im Organismus. Wenn man nun auch gar nicht in Abrede stellen wollte, dass es neben jenen im organischen Körper noch eine diesem eigenthümliche Grundkraft (die Lebenskraft) gebe, so ist doch so viel einleuchtend, dass überall erst dann von ihr die Rede sein kann, wenn wir die Wirkungssphäre aller jener unorganischen Kräfte im Organismus bis in ihre äussersten Grenzen durchforscht haben, bis alle Versuche darüber angestellt, alle zum vollständigen Abschluss gebracht, Alles dabei so klar geworden ist, dass kein Zweifel mehr übrig bleibt. Dann erst, und nicht einen Augenblick früher, sind wir überall im Stande, zu bestimmen, ob nun noch von dem Ganzen, was wir Leben nennen, ein grösserer oder geringerer Theil übrig bleibt, der sich niemals auf die unorganischen Kräfte als deren Resultat zurückführen lassen würde. Erst dann sind wir bei dem Gebiet der Lebenskraft angekommen, dann erst können unsere Forschungen diese eigenthümliche Kraft zu ihrem Gegenstande nehmen, und wenn wir dann ihre Art und Weise, ihre Gesetzlichkeit u. s. w. erkannt haben, können wir sie als Erklärungsgrund in die Wissenschaft einführen. Jetzt aber, wo noch so tausend verschiedene Fragen sich anbieten, deren Lösung durch das genauere Studium der unorganischen Kräfte zu hoffen ist, da tausende von Versuchen und Experimenten noch zu machen sind, die nur die unorganischen Kräfte betreffen und die noch gemacht werden müssen, ehe wir weiter fortschreiten können, ist es geradezu lächerlich, von der Lebenskraft anders zu sprechen, als von einem unbekannten x, dessen Werth am Ende der Rechnung auch wohl $= o$ werden könnte. Nur Unwissenheit und Geistesträgheit sind bei dem jetzigen Stande unserer Naturwissenschaften die Vertheidiger einer Lebenskraft, die Alles machen, Alles erklären soll, und von der Keiner angeben kann, wo sie steckt, wie sie wirkt, an welche Gesetze sie gebunden ist. Der Wilde, der eine Locomotive ein lebendes Thier nennt, ist nicht unwissender als der Naturforscher, der von Lebenskraft im Organismus spricht. Beide nennen das lebendig, bei dem sie eine Summe von Thätigkeiten zu einem Gesammteffect verbunden sehen, ohne zur Zeit im Stande zu sein, sich über die einzelnen Summanden, die auch noch wieder Producte verschiedener Factoren und so fort sein können, Rechenschaft zu geben. Freilich schadet es nichts, wenn man vorläufig ein unbekanntes x mit irgend einem Ausdruck bezeichnet, wenn man nur beständig im Auge hält, dass der Ausdruck eben noch keine bestimmte Geltung und Bedeutung habe; wohl aber ist es höchst verderblich für die Wissenschaft, wenn man sich durch die Zweideutigkeit, die im Worte Lebens**kraft** liegt, verführen lässt, diesen Ausdruck eben so für etwas seiner Art und Gesetzlichkeit nach Bestimmtes zu halten, wie etwa Schwerkraft, denn dadurch wird jedem Fortschritt, jeder Aufklärung unserer Einsicht eine unübersteigliche Schranke entgegengesetzt, eine Mauer gezogen, die um so trauriger wirkt, weil sie dadurch, dass sie die Aussicht auf das weite Feld hinter ihr verdeckt, auch das Verlangen nicht einmal entstehen lässt, sie zu überspringen und den Weg weiter zu bahnen. Die ganze Lehre von der Lebenskraft ist überall nichts Anderes, als das Princip der faulen Vernunft, die statt einzugestehen, wie wenig sie weiss, wie endlos und mühselig der Weg des Forschens noch vor ihr liegt, auf dem jeder einzelne Schritt ihre höchste Anstrengung erfordert, um nicht vom rechten Pfade abzukommen, sich lieber mit dem süssen Traume ihrer Allwissenheit, oder mit dem Ausspruch der bescheiden thuenden Faulheit, dass es ihr

nicht vergönnt sei, Alles zu wissen und das göttliche Mysterium zu durchdringen, auf's Lotterbett legt und es der Phantasie überlässt, die grosse Leere, welche auszufüllen sie zu träg ist, mit einem schönen bunt gemalten Vorhang, den dann Jeder nach eigenem Geschmack verziert, zu verdecken.

Lebenskraft hat daher, wo ich das Wort etwa gebrauche, stets nur den Sinn, dass es an seiner Stelle ein Wahrzeichen unserer Unwissenheit und mangelhaften Einsicht ist; Leben aber behält die Bedeutung, die ich für dasselbe entwickelt habe.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne eine kurze Erörterung an einen Ausdruck anzuknüpfen, mit welchem viel mystischer Unsinn in der Wissenschaft getrieben worden ist und noch jetzt zuweilen getrieben wird; ich meine das Wort: Mikrokosmus oder Welt im Kleinen. Falsches und Richtiges, Verworrenes und Klares spielen hier, wie in allen bildlichen Ausdrücken, so durch einander, dass es schwer ist, die einzelnen Elemente zu sondern, und überflüssig dazu, wenn man bedenkt, dass die ganze Mühe nur auf Entwickelung einer Gleichnissrede und nicht eines wissenschaftlichen Begriffs verschwendet wird. Folgendes sind die beiden wissenschaftlich bedeutenden Punkte, auf die es hier ankommt. Der erste ist die Anerkennung dessen, was eben der oben gegebenen Erörterung über den Begriff der Lebenskraft zum Grunde liegt, dass nämlich im einzelnen Organismus, wie im ganzen Weltgebäude, ein gesetzmässiges Spiel von Kräften das Entstehen, Bestehen und Vergehen des Ganzen bedingt und darin beide eine gewisse Aehnlichkeit zeigen. Bis so weit ist das Gleichniss zwar richtig, aber auch vag und unbestimmt genug, um jede wissenschaftliche Anwendung desselben unthunlich zu machen. Der andere Punkt involvirt aber eine doppelte Falschheit. Man übertrug nämlich von der individuellen Selbstständigkeit des ganzen Weltgebäudes die Ansicht von individueller Selbstständigkeit auch auf den Organismus und suchte die Gründe für sein Entstehen und Vergehen nur in ihm selbst. Das ist aber für beide thatsächlich falsch und hat eben die falsche Behandlungsweise der Lebenskraft mit einschwärzen helfen. Eine vollendete Welt als selbstständiges Individuum kennen wir in der Wissenschaft gar nicht, sondern nur in der Idee. In der Wissenschaft bleibt uns mit Nothwendigkeit die Welt ein Unvollendetes, eine unendliche Reihe, von der uns höchstens ein Anfangspunkt gegeben ist, deren Endpunkt wir aber niemals erreichen können. In dieser Reihe ist nun jedes Glied unvollständig und in seinem ganzen Wesen durch die Abhängigkeit von dem nächst höhern Glied bedingt; nur durch dieses und in diesem ist sein Entstehen, Bestehen und Vergehen möglich, nur Eigenthümlichkeiten in der Natur des höhern Gliedes gestatten die Bildung eines Niedern, nur die Wechselwirkung desselben mit dem Höheren bedingt seine Erhaltung, und dieselbe Wechselwirkung ist es, welche seine endliche Zerstörung herbeiführt. Mit einem Worte, es giebt für uns gar keinen selbstständigen Organismus. Das Entozoon ist nur als Inquilin eines andern Organismus möglich: dieser kann ohne die unzähligen Einflüsse der Erde nicht existiren und existirt in der That auch nur durch diese; das Leben der Erde ist durch das Sonnensystem bedingt und dieses wieder abhängig von Systemen höherer Ordnung und so fort ins Unendliche. Aus dieser Abhängigkeit geht die grosse Complication der uns zunächst liegenden Lebensprocesse hervor, aber diese Abhängigkeit zeigt uns auch, wie in den Organismen der Erde durchaus keine andere (am wenigsten höhere) Gesetzmässigkeit herrschen könne, als in dem rein mathe-

matisch und mechanisch construirbaren Sonnensystem, wodurch eben die Abweisung einer besondern Lebenskraft ebenfalls eine neue Stütze erhält.

4. Ein Punkt ist hier noch specieller hervorzuheben, weil noch in neuester Zeit sich dabei grosse Verworrenheit der Begriffe gezeigt hat. Wir bemerken bei organischen Naturkörpern eine Menge zusammengesetzter Stoffe, welche scheinbar andern combinatorischen Gesetzen folgen als die bei unorganischen Körpern vorkommenden Stoffe. Ob hier wirklich ein fester Unterschied in der Art der Zusammensetzung stattfinde oder nicht, lässt sich wohl zur Zeit noch nicht mit völliger Sicherheit entscheiden. Wir bedürfen hier aber einer bestimmten Unterscheidung solcher Stoffe und diese können wir am zweckmässigsten so bestimmen:

Organische Stoffe sind solche, welche in der Natur nur unter der Herrschaft eines organischen Bildungstriebes entstehen, die übrigen sind unorganische.

Welchem Bildungstriebe diese Stoffe für sich aber wieder anheimfallen, ist davon gänzlich unabhängig; so gestalten sich völlig unorganische Stoffe allmälig zur Pflanzenzelle und organische Stoffe krystallisiren in regelmässigen stereometrischen Gestalten. Es gehört eine grosse Confusion dazu, organischen Stoff und organische Gestalt nicht von einander unterscheiden zu können, und Zucker z. B. deshalb zu den unorganischen Stoffen zu rechnen, weil er krystallisirt.

In anderer Weise ist der Unterschied von organischer Gestalt, organischem Stoff und der Form der Wechselwirkung im Organismus, dem Leben, auch von dem sonst so klaren *Mulder** gänzlich übersehen worden. Bei seiner ganzen Entwickelung des Organischen aus den unorganischen Stoffen und Kräften kommt er wohl zu Zellstoff, Blutstoff, Leberstoff u. s. w., bemerkt aber nicht, dass Zellstoff noch keine Zelle, Blutstoff noch kein Blutkügelchen, Leberstoff keine Leber ist.

5. Wir haben nun versucht, uns unter den Producten der Bildungstriebe die organischen Körper bestimmt einzugrenzen, es bleibt uns aber noch die Grenzbestimmung der Pflanze gegen das Thier übrig. Diese ist aber noch entschiedener nur als Aufgabe zu nennen und Erörterungen können uns hier allein vorläufige Anhaltspunkte geben.

Als den einfachsten Organismus im Allgemeinen haben wir die Zelle aufgestellt und wir müssen zusehen, wie aus der Natur der Zelle möglicher Weise zwei verschiedene Arten von Organismen hervorgehen können. Durch Veränderung ihrer einfachsten Form, der Kugel, durch ungleiche Ausdehnung, durch Combination der Zellen, und durch verschiedenartige Auseinanderlagerung bei diesen Combinationen ist eine endlose Mannigfaltigkeit der Formen möglich geworden. Zugleich wird hierdurch auch der einfachste Lebensprocess, wie wir ihn vorhin charakterisirten, durch die Media, in denen der Zellenbildungsprocess vor sich geht, und durch die dabei etwa nothwendig werdenden Vermittelungen ebenfalls auf die mannigfaltigste Weise complicirt. Hier sind nun wieder zwei Fälle möglich:

a. Die Formenbildung bleibt das Vorherrschende und wird durch die verschiedenartigste Combination der Elementarformen verwirklicht; oder

b. die Ausbildung des Lebens in der angegebenen Bedeutung in allen seinen möglichen Erscheinungsweisen wird das überwiegend Hervortretende.

Diese beiden Fälle sind nicht nur möglich, sondern scheinen in der Natur auch

---

* Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie, übersetzt von *Moleschott*. Erste Lieferung. S. 68—86.

wirklich zu sein und dem Wesen der Pflanze und des Thieres zu entsprechen. Dafür wollen wir vorläufig nur das Verhältniss der Anatomie und Physiologie in beiden Reichen etwas genauer betrachten. Wenn wir von Anatomie und Physiologie der Pflanzen reden, so müssen wir nicht vergessen, dass diese Ausdrücke, ursprünglich der Zoologie angehörig, unmöglich für die Pflanze dieselbe Bedeutung haben können. Man könnte auch bei Untersuchung des Blätterdurchgangs, der Spaltbarkeit, des Korns u. s. w. von einer Anatomie der Mineralien reden und zwar mit demselben Rechte, wie bei den Pflanzen. Nehmen wir das Wort Anatomie in seiner eigentlichen ursprünglichen Bedeutung, so giebt es gar keine Pflanzenanatomie, oder doch nur höchstens bei den Fortpflanzungsorganen einiger wenigen Pflanzen.

Das eigentliche Lebensprincip der Erde ist die Formenbildung, Bildungstrieb, *Nisus formativus*. Bei der Schöpfung der Mineralien ist diese Kraft gleichsam noch im Embryonenzustande, sie folgt willenlos einem ihr fremden Gesetz, die weltbeherrschenden Mächte der Natur, die physikalischen und chemischen Gewalten bedingen ihre Thätigkeit und die Mathematik schreibt ihr ihre ausnahmslosen Regeln vor. Bei der Pflanze tritt das Kindesalter des Bildungstriebes ein. Selbstständig geworden erfindet die Natur sich eine eigene Form, die bei ihrer Einfachheit doch durch Combination die Möglichkeit einer grossen Mannigfaltigkeit gewährt, und in voller Freude über den Fund kann sie nicht aufhören, immer neu zu bilden. In der Lust des Spiels scheint sie alles Andere zu vergessen, mit kindlichem Stolze trägt sie die bunten wechselnden Gestalten zur Schau, die sie geschaffen, sie kennt kein Verheimlichen, Verstecken, denn ihr sind Zwecke noch fremd, nur die reine Lust am Schönen leitet ihr Bestreben und höchstens lässt sie wie ein muthwilliges Kind zuweilen ihren bizarren Launen den Zügel schiessen. Aber die Kindheit geht vorüber und sie lernt nach Zwecken handeln, jetzt wird Form und Schönheit nicht mehr höchstes allein bedingendes Princip, sondern dem Nutzen untergeordnet, zugleich aber verhüllt sie weise die Mittel, wodurch sie ihre Zwecke erreicht. Was früher offen und frei sich dem Blicke gezeigt, wird jetzt verborgen und das Thier schliesst sich über seinen Organen zusammen. Wir haben bei der Pflanze das Princip der Schönheit und Mannigfaltigkeit der Form, der das Leben nur dient, beim Thier das Leben in seinen verschiedenen Ausdrucksweisen als Zweck, dem die Form untergeordnet und angepasst ist. Hier nimmt das Säugethier Fischgestalt an, weil es für Wasserleben bestimmt ist, dort muss der Cactusstamm die Functionen der Blätter übernehmen, weil es der Natur einmal gefallen hat, eine Pflanze ohne Blätter zu bilden. Die Pflanze soll möglichst viele Formen entfalten, sie schliesst daher nichts in sich. Das Thier soll sein Leben zur höchsten individuellen Abgeschlossenheit entwickeln, es birgt also alle seine wichtigen Organe im Innern, um der Aussenwelt nur eine Fläche möglichst gleicher Bedeutung und gleichen Werthes zuzuwenden. Die Pflanze differenzirt, entwickelt sich nach Aussen, das Thier nach Innen.

Wenn wir also Anatomie als die Lehre von den Organen ansehen, so wird dieselbe Wissenschaft bei den Thieren eine Untersuchung des Innern (Anatomie), bei den Pflanzen eine Betrachtung des Aeussern (Morphologie) werden. Es bleibt indess immer noch für beide Reiche ein gemeinsamer Theil übrig, nämlich die in neuerer Zeit so genannte höhere Anatomie oder Histologie, die Lehre von den Elementarorganen. Die Pflanze hat nur ein Elementarorgan, die Zelle, in dem oben

schon entwickelten Sinne. Die ausgezeichneten Untersuchungen von *Schwann** haben eben dasselbe für die thierischen Organismen erwiesen. Aber es zeigt sich selbst in dieser Uebereinstimmung wieder die grosse Verschiedenheit zwischen Thier und Pflanze. Die Pflanze will mit ihrer Formenbildung dem Spiel der Mannigfaltigkeit dienen, sie ist äusserlich, ihre Individualität daher weder beabsichtigt noch geschützt. Das Thier bildet sich nach Zweckgesetzen, differenzirt sich möglichst im Innern und strebt nach abgeschlossener Individualität gegen die Aussenwelt. Daher sind die Veränderungen und Umbildungen der Elementarorgane beim Thier unendlich grösser als bei den Pflanzen und die Individualität derselben fast null, während bei der Pflanze die Elementarorgane gerade am schärfsten individualisirt sind und die kaum festzuhaltende Individualität der Pflanze fast ganz in die Individualitäten der einzelnen Zellen zerfällt.

Dies führt uns ferner auch auf die wesentlichsten Unterschiede in der Physiologie der Pflanzen und der Thiere. In der Bildung des Thieres schreitet die Natur mehr oder minder rasch bis zu dem Punkte vor, wo die Form entwickelt ist und von da an als das Untergeordnete stationär bleibt, während das Leben, als das eigentlich Beabsichtigte, sein Spiel von Wirkung und Gegenwirkungen nun erst recht in voller Kraft beginnt. Es ist dies der Zeitpunkt der fertigen Form, der *adolescentia*, die ein wesentlicher Charakter der Thiere ist und höchstens vielleicht bei einigen sehr langsam Wachsenden insofern eine scheinbare Ausnahme leidet, als der blossen Vergrösserung, aber unter Beibehaltung von Form und Verhältniss aller Theile, keine in unsere Beobachtung fallende Grenze gesetzt scheint. Wie ganz anders dagegen bei der Pflanze. Die beabsichtigte Mannigfaltigkeit der Gestalten wird dadurch in noch höherm Grade verwirklicht, dass die Pflanze fast in jedem Momente ihres Lebens nur ein Theil ihrer selbst ist, dass sie die zu ihrem Begriff nothwendigen Organe jetzt abwirft, um im nächsten Augenblicke andere, eben so nothwendige Organe zu entwickeln und so in einer beständigen Metamorphose der Gestalt, wovon wir kaum bei der ächten Metamorphose der Insecten ein Analogon finden, schon in ihrem individuellen Lebensprocess jener bunten Mannigfaltigkeit der Formen dient, die in ihrem ganzen Dasein als höchstes Gesetz gilt. Ist z. B. die Zeitlose im Herbste mit Blüthen ohne Blätter oder im Frühjahre mit Blättern und Frucht ohne Blüthen ganz sie selbst und was ist jenes vorhergehende Gebilde? Zur Erkennung von *Orontium aquaticum* gehören die Fortpflanzungsorgane und die Blätter, aber die blühende Pflanze hat keine Blätter, und wenn sie Blätter hat, fehlen Blüthe und Frucht. Wir müssen also behaupten, dass das Individuum der Pflanze überall nicht in räumlicher Abgrenzung vor der Anschauung wie das Thier, sondern nur in der Zusammenfassung des in der Zeit nach einander Gegebenen durch den Begriff bestimmt und erkannt werden könne.

Es bedarf ferner keines grossen Scharfsinns, um zu errathen, dass ein Wesen, welches wie die Pflanze alle seine Organe frei nach Aussen entwickelt, auch ganz andern Gesetzen gehorchen muss als ein anderes, welches alle oder doch die wichtigsten in sich verschliesst. Bei der Pflanze ist jedes einzelne Organ von dem Einfluss des umgebenden Medium abhängig, durch nichts gegen die Einwirkungen physikalischer Kräfte isolirt, deren Einfluss ohnehin durch den schwachen Individualitätszusammenhang nicht allein nicht aufgehoben, sondern oft auch kaum merklich modificirt

* Mikroskop. Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Pflanzen und Thiere. Berlin 1839.

wird. Wir dürfen also bei der Pflanze viel mehr und mit grösserem Rechte als beim Thier, mit den einfachsten physikalischen und chemischen Erklärungen zufrieden sein.

Endlich, und das möchte wohl den wichtigsten Unterschied begründen, ist beim Thier die Selbstständigkeit des Elementarorgans, der Zelle, ganz in der Individualität des Ganzen untergegangen und aufgelöst, jeder Theil gilt daher nur im Zusammenhange mit dem andern etwas und lebt nur um dem Ganzen zu dienen. Bei den Pflanzen ist im Gegentheil die Individualität des Ganzen zurückgesetzt gegen die des Elementarorgans und die ganze Pflanze scheint nur für und durch das Elementarorgan zu leben. Daher besteht der wichtigste Theil der thierischen Physiologie in der Untersuchung der Lebensthätigkeit ganzer Gewebe und Organe und ihrer Wechselwirkung, bei den Pflanzen dagegen reducirt sich die ganze Physiologie fast nur auf das Leben der Pflanzenzelle, und die Lebensthätigkeit der ganzen Pflanze, insofern sie aus dem Leben der Zelle nicht abgeleitet werden kann, ist höchst unbedeutend und uns noch meist unbekannt.

Eben weil Alles, was der Zelle als solcher zukommt, den Organismen ohne Unterschied eigen sein muss, mehr noch weil alle der isolirten selbstständigen Zelle angehörenden Eigenheiten vorzugsweise im Pflanzenreich gesucht werden müssen, darf man auch die Unterschiede zwischen Pflanzen und Thieren am allerwenigsten in einer Eigenschaft finden wollen, die dem isolirten Zellenleben angehört. *Valentin's* Ansicht (Repert. 1836. S. 38), dass die Wimperbewegung einen Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen begründe, war also schon dann unhaltbar geworden, sobald man dieselbe als dem individuellen, selbständigen Zellenleben angehörig erkannte. Ganz widerlegt ist sie durch *Unger's** Entdeckung von schwingenden Wimpern an den Sporen von *Vaucheria clavata*; keineswegs ist aber durch diese Entdeckung eine Thierwerdung der Pflanze nachgewiesen, ein Ausspruch, der trotz aller Protestationen doch nur ein logischer Schnitzer ist und bleibt, der auf einer gänzlichen Verkennung der Gesetze der natürlichen Systematik beruht.

Aus dieser Erörterung gehen nun freilich keine leicht anzuwendenden Merkmale hervor, die uns in den Stand setzten, in zweifelhaften Fällen immer zu entscheiden, ob wir es mit Thier oder Pflanze zu thun haben, aber sie deutet uns doch die Richtung an, in welcher wir solche Merkmale allein zu suchen haben. Die meisten in den ältern Handbüchern der Naturgeschichte angegebenen Unterschiede sind jetzt völlig unbrauchbar und zum Theil selbst lächerlich, was daher kommt, dass diese Merkmale zu einer Zeit aufgestellt wurden, wo die fraglichen Gebiete noch viel zu wenig durchforscht und namentlich an der streitigen Grenze fast ganz unbekannt waren. Ein Löwe ist allerdings wohl einigermaassen von einem Eichbaum zu unterscheiden; wenn ich aber den *Protococcus viridis*, eine unzweifelhafte Pflanze, neben die *Euglena viridis*, ein unzweifelhaftes Thier, lege und zwischen beide ein *Closterium* einschiebe, so möchte *Linné's* und seiner Nachfolger Weisheit schwerlich ausreichen, um zu bestimmen, ob es rechts oder links seinen Verwandten findet. Es zeigt sich hier ganz bestimmt, dass es zwischen Thier- und Pflanzenreich noch eine Grenze giebt, die für unsere Beobachtung, aber freilich auch nur für diese, noch durchaus nicht scharf gezogen ist, und dass es hier Formen geben wird, deren Bürgerrecht in dem einen oder andern Gebiete für jetzt noch nicht definitiv

* Die Pflanze im Momente der Thierwerdung. Wien 1843.

entschieden, sondern höchstens wahrscheinlich gemacht werden kann. Ich mache hier ausdrücklich darauf aufmerksam, da es für die ganze wissenschaftliche Botanik und namentlich für den Lebensprocess der Pflanze vielfach wichtig wird, dass eine gesunde Naturforschung solche zweifelhafte Gebilde nie wählen darf, um von ihnen Gesetze abzuleiten, die nicht schon anderweitig für das eine oder das andere Reich fest begründet sind. Hiergegen ist oft zum grossen Nachtheil der Wissenschaft gefehlt worden.

6. Die gewöhnliche Eintheilung in lebende und todte Naturkörper, in Steine, Pflanzen und Thiere, ist so alt wie jede nur einigermaassen gebildete Sprache und beruht ganz natürlich auf dem Schematismus der productiven Einbildungskraft. Aus der Betrachtung der gewöhnlich uns umgebenden Naturkörper scheiden sich ganz unwillkürlich nach den Gesetzen der Association die Bilder jener drei Reiche aus, indem sich die allgemeinen Merkmale von den bestimmteren Schematen, z. B. Bäume, Büsche, Kräuter, Gräser absondern, diese haben sich aber wieder nur als Abstractionen von noch schärfer gezeichneten Bildern gebildet, z. B. Baum von den Schematen der Linde, Weide, Eiche u. s. w. und diese letzteren sind endlich aus der Zusammenfassung der Anschauungen einzelner Individuen entstanden. So liegt eigentlich schon in der Sprache jedes einigermaassen gebildeten Volkes eine natürliche Systematik der Naturkörper und von dieser natürlichen Systematik der Schemate muss jede inductive Naturwissenschaft ausgehen, wie uns die Geschichte der Wissenschaft auch bestätigt, denn ganz ähnlich wie eben angedeutet gestalten sich die ältesten botanischen Systeme, die immer natürliche Systeme sind. Die künstlichen entstehen erst später nicht als Ziel und Aufgabe, sondern allein als Hülfsmittel des Verstandes zur Beherrschung des Materials.

Von der systematischen Anordnung, von Beherrschung des Materials nach äusserlichen Merkmalen, von dem möglichst ins Einzelne durchgeführten Standpunkte der morphologischen Weltansicht, von Wahrnehmungserkenntnissen nur nach logischen Formen angeordnet und vertheilt (also nur formell wissenschaftlich) geht also die Botanik zunächst aus. Weit entfernt, dass damit aber diese Disciplin ihr Ziel erreicht hätte oder erreichen könnte, hat sie damit vielmehr noch gar nichts gethan als der eigentlichen Wissenschaft den Stoff, an welchem sie sich entwickeln soll, geliefert und handgerecht gelegt. Die ganze Naturgeschichte nach äusserer Bestimmung und Anordnung ist nichts Anderes, als die Fortsetzung der geistigen Thätigkeit des gemeinen Lebens, die schon im Kinde beginnt, in welcher wir allmälig die einzelnen Dinge um uns her als verschiedne erkennen lernen und, um uns gegenseitig zu verständigen, die Unterschiedenen mit besondern Namen bezeichnen. Nur wird bei der Menge des Materials die Sache allmälig schwieriger, indem wir künstlichere Merkmale zur genauern Unterscheidung, künstlichere logische Anordnung zur Erleichterung des Gedächtnisses und eine künstliche Benennungsweise gebrauchen, weil die Ausbildung der Sprache auch des lebendigsten Volkes nicht mit der Erweiterung der Wahrnehmungserkenntnisse gleichen Schritt halten kann.

Aus diesem ersten Anfang entwickelt sich aber die Eine Aufgabe der Wissenschaft selbst, nämlich die Specification der Pflanzenbildungstriebe. Vollständig alle Formen der morphotischen Processe, so weit aus ihnen Pflanzen hervorgehen, zu überblicken, ist die eigentlich wissenschaftliche Aufgabe der Systematik. Damit sie aber vollständig sei, müssen wir ihr noch einen andern Theil hinzufügen. Finden wir nämlich in der Pflanze einen bestimmten Naturtrieb als sich selbst erhaltende Form der Wechselwirkung der Grundkräfte mit einem bestimmten Bildungstriebe

vereint, so müssen wir nicht nur die Arten des letztern vollständig überblicken, sondern auch die Arten des erstern, und so erhalten wir als die höchste Aufgabe der systematischen Botanik:

»Vollständige Aufzählung, genaue Charakteristik und systematische Anordnung aller vegetabilischen Bildungsprocesse und der mit ihnen verbundenen Selbsterhaltungstriebe (oder nach gewöhnlichem Sprachgebrauch ein natürliches Pflanzensystem, nach morphologischen, anatomischen und physiologischen Merkmalen).«

Bis jetzt ist fast unsere ganze botanische Thätigkeit nur noch Vorbereitung zur Lösung dieser Aufgabe, denn was darin Vorbereitendes für die Lösung der ferneren Aufgaben liegt, wird gewöhnlich um so weniger vollständig und gründlich gegeben, je weniger die andern Aufgaben schon klar als solche erkannt sind.

7. Das allgemeine Ziel der Naturwissenschaft, die Geltendmachung der hylologischen Weltansicht, begreift die mathematische Construction der Formen der Wechselwirkung und also gleicherweise sowohl des Selbsterhaltungs-, als des Bildungstriebes in den Pflanzen. Der Lösung dieser Aufgabe sind wir bis jetzt noch so unendlich fern, dass wir sie nur als Anforderung an die Wissenschaft hinstellen und in der Bearbeitung derselben als leitende Maxime brauchen können. Der Versuch zur Lösung dieser Aufgabe ist abhängig von der vorherigen Lösung dreier anderen Aufgaben. Zuerst muss nämlich der in diesem §. Nr. 6 bestimmten Aufgabe völlig Genüge geleistet sein, zweitens muss die Construction der Naturtriebe von den bereits vollständig aufgelösten Gravitationsprocessen fortgeführt werden bis zu den sich selbst erhaltenden Spielen von Kräften im Organismus (was aber erst eine Vollendung der Chemie und Physik voraussetzt), und drittens muss die Construction des morphotischen Processes in dem einfachsten Falle bei den Krystallen gelungen sein, damit überall die Bildungstriebe der hylologischen Weltansicht untergeordnet werden können.

In der wissenschaftlichen Entwickelung aller Naturtriebe, also auch sowohl der Selbsterhaltungsprocesse als der Bildungstriebe, kam nach §. 1. Nr. 21 zur mathematischen Construction der Form der Wechselwirkung der Grundkräfte ein rein geometrisches Verhältniss der Massen zum Raum hinzu und gerade in diesem liegt (grösstentheils wenigstens) das eigentlich Specificirende der verschiedenen Naturtriebe. Hier ist natürlich immer nur vom relativen Raum die Rede, welcher in Bezug auf die bewegte Masse als ruhend gedacht wird. Hier grenzen sich nun für unsere Betrachtung nach den verschiedenen Systemen der thätigen Kräfte die relativen Räume immer enger ein. Für unser Sonnensystem liegt das Eigenthümliche im Verhältniss desselben zum Weltraum. Für die Planeten, insbesondere die Erde, in ihrem Verhältniss zum Sonnensystem, und endlich für die Organismen in ihrer räumlichen Abhängigkeit von der Erde.

Es bleibt uns also noch als eine dritte Aufgabe neben der mathematischen Construction der Formen der Wechselwirkung, wie sie den Selbsterhaltungs- und morphotischen Processen in den Pflanzen zum Grunde liegen, das geometrische Verhältniss dieser Formen der Wechselwirkung zur Erde, ihre Localisirung auf dem Planeten zu construiren. Dies wäre eigentlich die reine Aufgabe für das, was jetzt zunächst in der sogenannten Pflanzengeographie und Physiognomik der Gewächse angebahnt wird.

8. Haben wir uns somit über die höchsten Aufgaben unserer Wissenschaft einigermaassen orientirt, so bleibt uns nun übrig specieller zu entwickeln, was wir zunächst und wie wir es erreichen können.

Nach Nr. 6 dieses Paragraphen bewegt sich unsere Aufgabe noch ganz innerhalb der Grenzen der morphologischen Weltansicht und bereitet nur eine Grundlage vor, um eine theoretische Behandlung darüber aufbauen zu können. Die vollendete wissenschaftliche Durchführung der morphologischen Weltansicht können wir die physikalische Beurtheilung der Natur nennen. Es gilt hier nämlich, die scheinbare Particulargesetzgebung für eine engbegrenzte Gruppe von Naturkörpern, die Organismen, auf die allgemeinere Gesetzgebung der ganzen Natur zurückzuführen, ohne dass wir dadurch zur Zeit noch über die zum Grunde liegenden verschiedenen Stoffe und ihre Eigenschaften, also über die wissenschaftliche morphologische Weltansicht hinauskämen. Eine vollendete theoretische Wissenschaft hat nur Einen Anfang, nämlich die höchsten constitutiven Principien, von denen sie ausgeht, und ihre höchsten Grundbegriffe. Jede inductive Wissenschaft dagegen hat eigentlich so viele Angriffspunkte, als uns sinnliche Verschiedenheiten in der Sphäre von Naturkörpern, die ihr Object bilden, entgegentreten. Von jeder einzelnen Eigenschaft können wir anfangen und uns rückwärts über die Gesetze, unter denen sie steht, zu orientiren suchen. So z. B. setzt die blaue Farbe der Blume eine eigenthümliche chemische Constitution des Saftes und diese einen eigenen chemischen Process voraus; die Begrenzung der blauen Farbe fordert eine besondere Structur des Theils, an welchem sie vorkommt. Diese besondere Structur ist nicht möglich ohne das Bildungsgesetz, welchem die ganze Pflanze folgt u. s. w. Die Erleichterung, welche in der Behandlung gleichartiger Gegenstände liegt, lässt uns aber schon früh ganz bestimmte Gruppen von Eigenschaften zusammenfassen, deren Bearbeitung wieder besondere Zweige der ganzen Disciplin bildet. Bei genauerer Kenntniss der ganzen Aufgabe dagegen zeigen sich auch Hauptgesichtspunkte, welche untergeordnete Aufgaben bestimmen.

Die allernächste und kaum wissenschaftliche Aufgabe ist die Fortführung der Sprachbildung für diesen bestimmten Zweig der menschlichen Thätigkeit. So wie ohne Sprache überhaupt keine menschliche Bildung möglich ist, aber ohne dass Sprechen selbst schon Bildung sei, so ist auch keine Wissenschaft denkbar, ohne dass man über die Bezeichnung der Gegenstände einig ist. Wenn Einer einen Tisch »Mühle«, ein Anderer »Kopf« nennen wollte u. s. w., so wäre jeder geistige Verkehr unter den Menschen unmöglich gemacht. Wir müssen, um uns zu verstehen, bestimmte Dinge mit unabänderlich bestimmten Namen bezeichnen; dies Gesetz bindet im Leben wie in der Wissenschaft Jeden. Leider hat aber der historisch uns aufgezwungene Unsinn, die armselige und rohe lateinische Sprache zur Sprache der Wissenschaft zu machen, uns den richtigen Gesichtspunkt in der Wissenschaft völlig verrückt. Wer um die schönsten Jahre seines Lebens mit dieser lateinischen Quälerei betrogen ist, der will natürlich den sauer erworbenen Schatz nicht gern als eine taube Nuss wegwerfen und statt Botanik zu treiben, Einsicht in das Pflanzenleben zu gewinnen, flickt er mit philologischer Beschränktheit an den lateinischen Namen herum, die keine andere Bedeutung für die Botanik haben und haben sollen, als bestimmte Gegenstände zu bezeichnen, damit man davon reden kann, ohne den Gegenstand jedesmal in der Natur aufweisen zu müssen. Denselben Zweck soll nun auch zunächst die Pflanzenbeschreibung verfolgen, d. h. die genaue Bestimmung, welcher Pflanze jeder einzelne Name angehöre, damit man leicht und schnell zur Pflanze den Namen, zum Namen die Pflanze finden könne. Das hatte nun *Linné* für seine Zeit geleistet. Die Aufgabe ist allerdings eine sehr untergeordnete, aber ihre vollständige Lösung für die Möglichkeit einer

wissenschaftlichen Botanik unentbehrlich. Später haben wir kein Buch wieder erhalten, welches diese Schärfe und Kürze, diese vollendete Accuratesse zeigte, wie *Linne's* Arbeiten; die Meisten haben sich in stolzer Vornehmthuerei für zu gut zu dergleichen gehalten, ohne doch zur Zeit irgend Besseres leisten zu können. Wir müssen aber durchaus aus der Gesammtaufgabe der Botanik eine präparatorische Aufgabe aussondern, die man auch wohl, ohne sie gerade scharf aufzufassen, praktische Botanik hin und wieder zu nennen pflegt, denn sie ist in der That eine Kunst und keine Wissenschaft. Ich bestimme sie hier so: »die genaueste und kürzeste Beschreibung und Benennung aller bekannten Pflanzenformen unter Anwendung aller Hülfsmittel zur leichtesten Auffindung des zu einer Pflanze gehörigen Namens.« Wenn wir einmal wieder ein solches Werk im Linné'schen Geiste geschrieben erhielten, müsste es eben so wie zu seiner Zeit *Linne's Spec. plantarum* als unverbrüchliches Gesetz für alle Botaniker dastehen und Abweichung von demselben müsste mit der einzigen in der Wissenschaft möglichen Strafe, mit allgemeinem Ignoriren bestraft werden. Dann wäre für keinen Botaniker mehr Veranlassung oder Gelegenheit vorhanden, seine Zeit, wie jetzt nur zu oft geschieht, mit Lappalien auszufüllen. Dass die allgemeine Einstimmigkeit, die *Linné* sehr bald erzwungen hatte, längst verschwunden, dass jeder dürftige Kopf, der ein paar Hundert getrocknete Pflanzen zusammengebracht, sich berufen glaubt, die Wissenschaft im Grossen oder Kleinen zu reformiren und das, was Andere vor ihm gethan, missachten und umwerfen zu dürfen, ist eine nur zu traurige Wahrheit. Die Schuld liegt aber nicht allein daran, dass unsere Zeit keinen *Linné* hat, der im Stande wäre, Allen zu imponiren, sondern in dem viel wesentlichern Mangel unserer Zeit an Pietät gegen die Wissenschaft.

9. Der eigentlich wissenschaftliche Theil unserer Aufgabe enthält aber die vollständige Specification der Bildungstriebe und der mit denselben verbundenen Naturtriebe. Für beide ist der Stoff, nicht die Masse die Substanz und wir erhalten als erste Aufgabe genaue Kenntniss der einfachen und zusammengesetzten Stoffe, welche der Pflanze zum Grunde liegen = Vegetabilische Stofflehre.

Auch im Krystall ist ein Bildungstrieb thätig, aber die organischen Bildungstriebe sind gerade dadurch wesentlich von den unorganischen verschieden, dass sich mit ihnen ein im periodischen Wechsel sich selbst erhaltendes Spiel von Wirkungen und Gegenwirkungen als eines Naturtriebes verbindet. Daraus geht die Eigenthümlichkeit hervor, dass der Krystall nur eine Geschichte des Entstehens, der Organismus aber auch eine Geschichte seines Bestehens hat, indem seine Gestalt entweder in Hinsicht ihrer Zeichnung (bei den Pflanzen), oder in Hinsicht der die Gestalt bildenden Stoffe (bei den Thieren) einer fortlaufenden Veränderung unterworfen ist. Insbesondere muss uns dies bei den Pflanzen auffallen, wie schon oben erwähnt, und so wird unsere zweite Aufgabe nicht eine Kenntniss fester Gestalten, sondern

»Eine vollständige Kenntniss aller Entwickelungsreihen in der Pflanzenwelt = Morphologie.«

Endlich zeigt sich uns auf der andern Seite auch das Spiel der physikalischen Kräfte, wie es als Naturprocess sich mit dem bildenden Triebe vereinigt hat, auf eigenthümliche Weise durch denselben modificirt und verwickelt. Bei beständigem Wechsel von Stoff und Gestalt wechseln natürlich auch fortwährend die den Stoffen eigenthümlichen Combinationen der Grundkräfte oder das Verhältniss derselben zu

den verschiedenen Gestalten der Stoffe. Es bleibt uns also die dritte Aufgabe zu lösen:

Alle Erscheinungen, welche uns am Pflanzenorganismus entgegentreten, auf die ihnen zu Grunde liegenden physikalischen und chemischen Erscheinungen zurückzuführen = Organologie.

Die im Vorigen gestellten Aufgaben umfassen das ganze Gebiet der Inductionen, sie bilden den allgemeinen Theil der Botanik. Die so gewonnenen Resultate geben dann, vereinigt und systematisch entwickelt, das natürliche Pflanzensystem, zu welchem bis jetzt noch wenige Vorarbeiten vorliegen, und welches den zweiten oder speciellen Theil der Botanik ausmacht. Vom allgemeinen Theil trenne ich aber aus methodischen Rücksichten noch eine besondere Lehre: die Lehre von der Pflanzenzelle, worüber unten noch zu reden ist.

10. Es ist ein alter Schlendrian, allen wissenschaftlichen Entwickelungen ein Capitel über den Nutzen der Wissenschaft vorauszuschicken. In neuerer Zeit hat man dieses Capitel meist weggelassen, die Sache mit dem sehr allgemeinen und vagen und eben nur deshalb wahren Satze abfertigend, dass das Wissen seinen Werth in sich habe und nicht einer äusseren Nützlichkeit bedürfe. Diesen Satz kann man aber nur insofern zugeben, als von dem Wissen als gemeinem Erwerbmittel die Rede ist, wo die Frage nach dem Nutzen desselben allerdings eine schmutzige Seele verräth. In anderer Beziehung müssen wir aber doch jedes Wissen für Zeitvergeudung und für unwürdig des Menschen erklären, welches seiner Natur nach nichts als Wissen sein kann und weder dazu dient, unsere Einsicht zu fördern, unsern Ideenkreis aufzuhellen und unsern geistigen Horizont zu erweitern (vergl. unten §. 3. Nr. 2), noch auch uns dem eigentlichen Hauptziel aller menschlichen Bildung, der ethischen Vollendung, näher zu führen. Es giebt aber noch eine andere Stellung der Frage nach dem Nutzen der Wissenschaft. Im ganzen Zusammenhange der Geschichte der Menschheit entwickeln sich die einzelnen Disciplinen nur ganz allmälig und mit wechselndem Glück die eine von der andern bald gefördert, bald gehemmt. So giebt es denn für jede einzelne Disciplin eine Orientirung über den Standpunkt, den sie in Beziehung zu allen andern ihr verwandten Disciplinen einnimmt; aus dieser Orientirung entwickelt sich eine Beurtheilung der zunächst für sämmtliche Disciplinen zu lösenden Aufgabe, um den Einzelnen weitere bedeutende Fortschritte möglich zu machen und endlich eine Bestimmung, welche einzelne Disciplin augenblicklich gerade berufen sei, jene Hauptaufgabe zu lösen. — So können wir einer Disciplin ihre Nützlichkeit und die Nothwendigkeit ihrer ernsten und sorgfältigen Bearbeitung in Bezug auf die allgemeine Fortbildung der Culturgeschichte bestimmen, ihr ihren Beruf für die Zeit nennen und so, indem wir die besten Kräfte für sie aufrufen, nicht nur ihr forthelfen, sondern auch allen den Disciplinen dienen, deren augenblickliche Förderung gerade von dem Fortschritt dieser Einzelnen abhängig ist.

Einen solchen Beruf scheint mir nun die Botanik für die nächste Zeit auch zu haben. Sie ist lange genug hinter aller Wissenschaftlichkeit zurückgeblieben, als dass sie nicht Ursache genug hätte, durch bedeutende Leistungen sich wieder eine Achtung gebietende Stelle in den Naturwissenschaften zu erstreben. Ich finde ihre Aufgabe in dieser Beziehung in Folgendem:

Die Bedeutung der Naturwissenschaften in der Geschichte der Menschheit ist zwiefach, einmal die scharfe Grenzlinie zwischen natürlicher Weltansicht und ästhetischer Beurtheilungsweise und zweitens eben so scharf die Grenze zwischen

geistigen und körperlichen Weltansichten zu ziehen. Diese Bedeutung, die nur wenige grosse Denker auf philosophischem Wege klar gefasst und deutlich ausgesprochen haben, wird von der grössern Menge erst dann verstanden und anerkannt werden, wenn sie auch inductorisch gerechtfertigt ist. Zunächst wird es aber in dieser Beziehung wichtig werden, dass die von *Fries* zuerst klar ausgesprochene Aufgabe, den organischen Process auf rein körperliche Gegenwirkungen zurükzuführen, inductorisch festgestellt und dadurch Gemeingut Aller werde, damit die Verbindung zwischen Geist und Körper nicht mehr selbst die Gescheidteren zuweilen äfft und den confusen Köpfen Anhaltepunkte gewährt, ihre bunten Träume daran zu knüpfen. Diesem Ziele eilt die Wissenschaft der organischen Naturkörper unaufhaltsam zu, wie sich das aus den Arbeiten der leitenden Geister im Verlaufe dieses Jahrhunderts klar ergiebt. Nun steht das Eigenthümliche im Naturprocesse der Organismen im engsten Zusammenhange mit der eigenthümlichen Natur der Stoffe, welche den Organismus zusammensetzen*. Gerade die allgemeiner verbreiteten und wichtigsten sind aus den Elementen auf eine solche Weise zusammengesetzt, dass bis jetzt die Chemie an dem Versuch scheiterte, auch nur einen einzigen der allergewöhnlichsten Stoffe aus seinen Elementen zusammenzusetzen oder aus rein anorganischen Verbindungen zu erzeugen. Gleichwohl würde durch Eine Solche Darstellung derselben eine kaum zu widerlegende Induction gegeben werden für die Wahrheit, dass in den Organismen durchaus keine andern Grundkräfte thätig sind, als in der unorganischen Natur. Diese Umbildung unorganischer in organische Stoffe können wir aber nirgends so sicher der Natur abzulauschen hoffen als in der Pflanze, wo dieser Process gewiss am allereinfachsten, vielleicht ausschliesslich vor sich geht. Die klare Einsicht in den Process, wodurch von der Pflanze ein einziges Aequivalent Stärke oder Gummi oder Zucker aus kohlensaurem Wasser gebildet wird, würde plötzlich Chemie und Physiologie mit Riesenschritten fördern und beiden Wissenschaften eine ganz neue Gestalt verleihen.

§. 3.

Methodik oder über die Mittel zur Lösung der Aufgaben in der Botanik.

Vergleichen wir die morphologischen Naturwissenschaften mit den physikalischen Theorien, so müssen wir uns gestehen, dass erstere in jeder Hinsicht unendlich weit zurück sind. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nun allerdings zum Theil in dem Gegenstande, dessen verwickeltere Verhältnisse sich noch am meisten der mathematischen Behandlung entziehen, aber grossentheils ist auch die grosse Nichtachtung methodologischer Verständigung daran schuld, indem man sich einerseits durchaus nicht um scharfe Fassung der leitenden Principien bekümmert, andererseits selbst die allgemeinsten und bekanntesten Anforderungen der Philosophie hintangesetzt hat, weil bei dem weiten Abstande ihrer allgemeinen Aussprüche von den Einzelnheiten, mit denen sich die empirischen Naturwissenschaften beschäftigen, die Nothwendigkeit ihrer Anwendung sich der unmittelbaren Auffassung entzog. So sind gar viele Arbeiter in dieser Beziehung durchaus nicht mit ihrer Aufgabe verständigt und die Fortschritte in der Wissenschaft hängen oft rein vom Zufall ab. In der *amabilis scientia* aber ganz besonders hat man sich so sehr an das spielende Zusammenwürfeln vieler unverbundener Thatsachen gewöhnt, dass die allercras-

* Vergl. *Valentin* Physiol. Einl.

sesten Versündigungen gegen die Anforderungen der Logik kaum auffallen und das Wissenschaftliche in der Behandlung oft ganz und gar verloren gegangen ist. Das Schicksal eines Lehrbuchs der Arithmetik, welches mit dem Satze anfinge: 1 mal 1 ist 2, kann man leicht voraussagen. In der Botanik ist Aehnliches etwas nicht Seltenes und thut auch dem Werthe des Buches keinen Abbruch. Einer unserer ausgezeichnetsten Botaniker hat ein Handbuch der Botanik geschrieben, welches in seiner Zeit mit zu den vortrefflichsten gehörte und noch jetzt viel Brauchbares enthält. Aber an die Spitze stellt er den Satz: »Jede Pflanze entsteht entweder aus einem Embryo, oder aus einer Blattknospe.« Der Satz ist einmal falsch, denn alle Kryptogamen entstehen weder aus einem Embryo noch aus einer Blattknospe, und dann ist er ganz leer und nichtssagend, denn sowohl Embryo als Blattknospe sind schon vollständige Pflanzen im unentwickelten Zustande; über den Ursprung der Pflanzen ist also damit gar nichts gesagt. Man sollte nun meinen, ein solches an die Spitze gestelltes Princip müsste einen wesentlich nachtheiligen Einfluss auf alles Folgende ausüben, aber keineswegs, selbst die Irrthümer, die etwa vorkommen, stehen mit diesem Satz in keinem Zusammenhang. Aus der Entwickelung der Knospe oder des Samens leitet derselbe dann richtig die Wurzel, den absteigenden Theil (der kann aber bei der Knospe nicht vorkommen, denn das untere Ende der Knospe verlängert sich nie) und den Stengel oder aufsteigenden Theil ab. Nun wird im Folgenden frischweg von der Wurzel der Kryptogamen, vom *stipes* der Pilze, vom *thallus* der Lichenen gesprochen, aber Niemand erfährt, woher denn die Dinge mit einem Male kommen und was sie für eine Bedeutung haben. Was gesagt wird, ist zwar meistens ganz richtig, steht aber da wie aus den Wolken gefallen.

Ein anderer Schriftsteller tadelt auf der einen Seite *Mirbel*, der nicht an die ursprüngliche Duplicität der Zellenwände glauben will, sondern die Zellen in einer gleichförmigen Masse entstehen und die Wände zwischen zweien erst nachher durch ungleiches Erhärten doppelt werden lässt, auf der andern Seite leitet er die Vermehrung der Pflanzenzellen aus dem Hineinwachsen einer homogenen Scheidewand in vorhandene Zellen ab, wo die spätere Duplicität sich doch nur auf Mirbel'sche Weise, also durch einen baaren Widerspruch erklären lässt. Ja bei all unsern Handbüchern, die Alles aus Zellen bestehen liessen und wo ein Langes und Breites über Zellennatur und Zellenleben gesprochen wurde, fanden wir bis vor Kurzem kein Wort über die Entstehung der Pflanzenzelle, worauf doch bei der ganzen Sache zunächst Alles ankommt, ehe von irgend einer weiteren Betrachtung nur die Rede sein kann. Derselbe Schriftsteller, der die ganze Aufnahme des Nahrungssaftes bei der Pflanze aus der Wurzel durch Endosmose erklärt, kämpft gegen die Wurzelausscheidung, ohne zu bedenken, dass Endosmose ohne Exosmose gar nicht existiren kann.

Dieser Mangel hat ganz entschieden seinen Grund in der unvollkommenen Vorbildung, mit welcher insbesondere die meisten Botaniker zu ihrer Arbeit herantreten, eine Unvollkommenheit, die darin begründet ist, dass die Wenigsten wissen, was eigentlich ihre Aufgabe und wie dieselbe zu lösen sei. In dieser Beziehung habe ich eben versucht, in gegenwärtiger methodologischer Einleitung einige Andeutung zu geben. Dazu war zunächst eine allgemeine Orientirung nothwendig, die nur von Seiten der Philosophie gegeben werden konnte*, dann eine Erörterung über die

* Insbesondere empfehle ich hier noch zum gründlichen Studium den mit meisterhafter Vollendung gearbeiteten Abschnitt der angewandten Logik in *Fries's* System der Logik, 3. Aufl. S. 240, worauf ich auch für alle allgemeineren methodischen Regeln verweisen muss.

Wissenschaft selbst, ihren Gegenstand und ihre Aufgaben, und nun mögen noch einige Bemerkungen folgen über die Art und Weise, wie man sich allein mit Sicherheit der Lösung der Aufgabe nähern kann.

1. Als die allein richtige Methode habe ich schon in der Einleitung die inductive bezeichnet. Hier ist nun näher zu bestimmen, was darunter zu verstehen sei. Ihre wesentliche Eigenthümlichkeit, worin eben die Sicherheit der durch sie gewonnenen Resultate begründet ist, besteht darin, dass man mit Verwerfung jeder Hypothese ohne alle Ausnahme (z. B. auch der Hypothese einer besondern Lebenskraft) von dem unmittelbar Gewissen der Wahrnehmung ausgeht, durch dieselbe sich zur Erfahrung erhebt, indem man die einzelne Wahrnehmung mit dem anderweit schon Festgestellten in Verbindung setzt, aus Vergleichung verwandter Erfahrungen durch Induction bestimmt, ob sie unter einem Gesetze und unter welchem sie stehen und so fort, indem man mit den so gefundenen Gesetzen eben so verfährt, rückwärts fortschreitet, bis man bei sich selbst genügenden, mathematischen Axiomen angekommen ist. Wir haben hier also zweierlei zu sondern und für sich zu betrachten:

a. Die Thatsachen und die Mittel, dieselben festzustellen,

b. die Induction, durch welche wir aus den Thatsachen Gesetze ableiten.

2. Die Sammlung der Thatsachen umfasst zweierlei, Autopsie und Zeugniss. Zunächst ist hier die allgemeine Regel zu geben, dass in allen naturwissenschaftlichen Disciplinen Selbstsehen die wichtigste Auforderung ist. Zu viele eigene Beobachtungen kann nie Jemand machen, zu wenige dagegen treten uns nur gar zu oft als die Veranlassung zu falschen Ansichten, schiefen Auffassungen und einseitigen Hypothesen entgegen.

Das Kantische Gesetz der Immanenz aller menschlichen Erkenntniss specificirt sich hier im einzelnen Falle der Anwendung so, dass wir ein todtes unbrauchbares Wissen von dem lebendigen und von uns vollständig beherrschten unterscheiden. Jede naturwissenschaftliche Disciplin setzt als ihre Grundlage Anschauung voraus und nur durch eigene Anschauung sind wir im Stande, sicher die Thatsachen zu beherrschen und sie zur Wissenschaft zu verarbeiten. Nicht Bücher, sondern Pflanzen sind der Gegenstand der Botanik, nicht Papier und Druckerschwärze, sondern die Naturkörper und die an ihnen vorgehenden Processe selbst sind der Stoff, welcher zur Wissenschaft verarbeitet werden soll. Nichts kann hier die Anschauung vollständig ersetzen und für den, der nicht hohe allgemeine Bildung und gründliche Kenntniss des einzelnen gerade in Frage stehenden Zweiges mit hinzubringt, ist sogar das Lernen aus Büchern nicht bloss unnütz, sondern geradezu schädlich.

Unsere Erkenntnisskraft ist so eingerichtet, dass sie alle anschaulichen Elemente, die sie verbraucht, der Anschauung selbst entlehnen muss, die sogenannte Einbildungskraft ist völlig unfähig zu Anderem, als schon aufgenommene Anschauung umzuordnen, anders zu combiniren, neue Zusammensetzungen bekannter Elemente zu machen; sie kann kein einziges Element der Anschauung, auch nicht das unbedeutendste, suppliren, wenn es etwas Anderes enthält oder enthalten soll, als die reine Beziehung zum Raum, die geometrische Construction, die einer Erkenntnisskraft *a priori*, der reinen oder mathematischen Anschauung, angehört. Ein gar grosser Theil des vielen Falschen, was man besonders in botanischen Handbüchern findet, nimmt seinen Ursprung aus dieser Quelle. Leute meinen, wenn sie einige der bessern Bücher über Anatomie und Physiologie durchstudirt, sie wären nun mit

der Sache vertraut und könnten darüber mitsprechen, wohl gar combinirend darauf weiter fortbauen. Und doch muss man ihnen entgegnen, dass sie von diesen Dingen noch gar nichts wissen. Es ist das oben so genannte todte Wissen, welches völlig unnütz ist. Sie wissen wohl, was dieser oder jener über die Sache gesagt hat, aber wie die Sache selbst ist, worauf es doch allein ankommt, wissen sie nicht und können sie auf diesem Wege nie erfahren. »Ohne Anschauung wird ihm alles Lesen der Alten und Neuern nichts helfen. Denn wie kann er nützen, was er nicht wahr findet und wie kann er wahr finden, was er nicht mit einem sicher erkannten Originale zusammenzuhalten weiss.« Ueber Gegenstände der körperlichen Naturwissenschaften beherrscht Einer gerade nur so viel Thatsachen, als er selbst beobachtet hat, alles Andere kann er entweder gar nicht oder nur, wo es mit seinem schon gesicherten Wissen zusammenschliesst, doch nur mit grosser Vorsicht anwenden. Die wegwerfenden Aeusserungen *Liebig's* über unsere Wissenschaft waren nur zu gegründet, wenn man die Arbeiten vieler Botaniker ansieht, und *Liebig* beging nur den Fehler, dass er an einen ganzen Stand und die Wissenschaft statt an einzelne zu nennende Individuen seine Schmähungen addressirte, und wahrlich, wenn man in einem Buche von solchen Männern wie *Unger* und *Endlicher* die Capitel über Stärkemehl, über Pflanzenfarben u. s. w. liest, so ist es schwer, ferner mit gutem Gewissen die Vertheidigung der Wissenschaft gegen *Liebig* zu übernehmen. Bücher haben jene Männer genug excerpirt, wenn auch ohne sie zu nennen. Aber Anschauung haben sie für die wenigsten Gegenstände mit hinzugebracht und somit auch kein Urtheil; weshalb sie oft auf die allerseltsamste Weise die Sachen verdrehen und missverstehen. Es herrscht aber noch ziemlich allgemein ein Vorurtheil für diese ganz unnütze und unfruchtbare Bücherweisheit, durch welches geführt man z. B. *Hegel* grosse umfassende positive Kenntniss zugeschrieben hat, weil er entsetzlich viele Bücher gelesen; aber wenigstens in den Naturwissenschaften war *Hegel* über alle erlaubten Grenzen hinaus unwissend, denn da er nicht einen einzigen Zweig derselben wirklich selbst bearbeitet hatte, las er jene Bücher ohne Kritik und ohne Urtheil und las oft selbst Dinge heraus, die gar nicht darin standen.

Diese Regel des Selbstsehens, des Selbsterfahrens gilt aber im Grossen wie im Kleinen. Nicht nur in einer ganzen Disciplin muss Einer selbst gearbeitet, selbst beobachtet haben, wenn er darüber mitsprechen will, sondern auch in jedem einzelnen Zweig muss er selbst ganz specielle Untersuchungen anstellen, wenn ihm die verwandten Arbeiten Anderer verständlich und von Nutzen sein sollen.

Für den Schüler müssen wir empfehlen, dass er sich unter Anleitung eines Lehrers einen Ueberblick über den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft erwerbe, dann aber sogleich unter Leitung des Lehrers oder ausgezeichneter Werke an das Selbstbeobachten gehe. Dieses allein ist Studium, ist Fleiss, das Andere, die Kenntniss der Bücher und ihres Inhalts, höchstens eine nützliche Nebenbeschäftigung.

Dem Lehrer dagegen müssen wir als unerlässliche Bedingung eines fruchtbringenden Vortrags vorschreiben, dass er so wenig wie möglich erzähle, so viel wie möglich demonstrire, in der Natur vorzeige und um so mehr Zeit auf eine gründliche Anleitung zur Kunst des Sehens verwende, als gar häufig bei unsern weisen Schuleinrichtungen ein reifer Primaner weniger Fähigkeit hat, anschauliche Gegenstände scharf und bestimmt aufzufassen, als ein ohne Unterricht umhergelaufener Bauernjunge.

3. In den körperlichen Wissenschaften führen uns die Sinne die einzelnen

Thatsachen zu und es giebt eine eigene Kunst, die Sinne zu gebrauchen. Der canadische Wilde sieht mehr und besser, als der tiefsinnigste deutsche Gelehrte vermag, unterscheidet Naturtöne schärfer und auf weitere Entfernungen, als der gebildetste Tonkünstler u. s. w. Hier ist es die Uebung von Jugend auf, die dem Wilden diese Ueberlegenheit giebt. Aber hierfür, wie für jede Kunst giebt es eine theoretische Anleitung, die uns die Aneignung der Kunst erleichtern kann.

Bei den Naturwissenschaften kommt es besonders auf die Kunst des Sehens an und dafür will ich hier einige Entwickelungen zu geben suchen, leicht wird sich dies durch die Analogie auf die andern Sinne anwenden lassen.

Nichts wird dem Menschen schwerer, als ein Gut in seinem ganzen Umfange und in allen seinen Folgen richtig zu erkennen und zu würdigen, in dessen ungestörtem Besitz er sich von Jugend auf befunden hat. So ist es mit dem Auge, mit dem Sehen. Wir nehmen die ganze Welt der Anschauungen, wie sie uns durch diesen wunderbaren Sinn eingeleitet wird, so ganz unbefangen hin, ohne uns im Geringsten darüber zu verständigen, wie viel oder wie wenig von der Gesammtmasse unserer Erkenntnisse wir diesem Sinne verdanken; ja wenn wir einmal anfangen, hier ordnen und abtheilen zu wollen, so schieben wir meist einen viel zu grossen Theil auf die Seite des Sinnes, weil wir ihm auch alles das zuschreiben, was durch ihn zwar veranlasst und eingeleitet wurde, aber doch nicht von ihm allein uns gegeben ist. Welch ein grosser Antheil von dem, was wir im gewöhnlichen Leben sehen nennen, nicht dem physiologischen Process, sondern einer hinzutretenden psychischen Thätigkeit angehört, wird von den Wenigsten unterschieden. Eben so wenig scharf sind die Unterscheidungen zwischen den physiologischen und physikalischen Bedingungen des Sehens, und gleichwohl ist es klar, dass wir hier streng sondern müssen, wenn wir die Gültigkeit der mit dem Gesichtssinn aufgefassten Thatsachen beurtheilen, die Quellen etwaiger Irrthümer finden wollen. »Für die Kenntniss der Natur ist der Mensch ein Zögling des Auges. Nur das Sehen führt uns über die Oberfläche der Erde hinaus zu den Gestirnen, und auch auf der Erde führt dieser Sinn uns die meisten Anschauungen aus den grössten Entfernungen mit der grössten Leichtigkeit der Auffassung zu. Sehend allein vermögen wir die Gegenstände aus der Entfernung mit bestimmter räumlicher Unterordnung zu erkennen. Der Sehende fasst das ganze Leben der Natur durch Licht und Farbe; das Auge ist unser Weltsinn«*. Aber seine Welt ist auch nur allein die Welt des Lichtes und der Farben. Jedem Sinnesnerven kommt eine specifische Empfänglichkeit zu, oder vielleicht richtiger ausgedrückt eine Kraft, seinen Zustand der Reizung unter einer ganz bestimmten Form im Sensorio zum Bewusstsein zu bringen. Den elektrischen Strom fühlen wir in den Fingern, wir schmecken ihn auf der Zunge, hören ihn im Ohr, sehen ihn im Auge. Licht und Farbe kommt uns zum Bewusstsein, mag das Auge nun vom andrängenden Blute berührt, vom Finger gedrückt, vom galvanischen Strom getroffen, oder von den Wellen des Aethers erschüttert werden. Ja selbst die vom Gehirn aus durch Fieberphantasien oder Traumbilder auf den Augennerven fortgepflanzten Schwingungen treten uns als äusseres Licht, als äussere Farbenerscheinungen entgegen. So ist die allgemeinste Grundlage für die Theorie des Sehens, dass jeder Zustand der Reizung des Sehnerven uns als Licht, der Zustand der Ruhe aber als Dunkel, wie wir es nennen als Schwarz, erscheint. Unter den verschiedenen Zuständen der Reizung geben sich aber noch bestimmte Unterschiede

* *Fries*, Handbuch der psychischen Anthropologie. Jena 1820. S. 114.

kund, indem sie sich einmal quantitativ nach allen Abstufungen zwischen Schwarz durch das Grau zum Weiss oder zum Lichte, das anderemal nach qualitativen Unterschieden nach den verschiedenen Phasen des Farbenkreises abstufen. Für die einfache Empfindung einer bestimmten Intensität des Lichtes oder einer einzelnen Farbe würde nun offenbar eine einzelne der Reizung ausgesetzte Nervenfaser genügen, und so finden wir es wahrscheinlich bei einigen niedern Thieren, nicht aber wenn wir neben einander gleichzeitig bestimmt unterschiedene Lichtintensitäten oder verschiedene Farbenerscheinungen auffassen sollen. Hierzu bedarf es einer grössern Anzahl von Nervenfasern, von denen jede einzelne einen besondern Eindruck isolirt dem Gehirn zu überliefern vermag, wie wir es im Bau des Auges der höhern Thiere und des Menschen finden. Beim letztern ist es die Netzhaut hinter dem optischen Apparat des Auges, in welche sich die empfindenden Fasern ausbreiten. Ueber den Bau derselben ist man noch keineswegs völlig aufgeklärt*, aber aus dem jetzigen Zustand der Nervenphysik dürfen wir die Gültigkeit des Gesetzes, dass jede einzelne Primitivfaser nur gleichzeitiger Fortleitung eines einzigen Eindrucks fähig sei, wohl ohne Bedenken auch für die Fasern des Sehnerven voraussetzen. Dafür spricht noch folgender Umstand wie es scheint unwiderleglich.

E. H. Weber in Leipzig hat nach genauen Messungen den Durchmesser der Fasern zu $^1/_{8000}$ bis $^1/_{8400}$ P. Z. bestimmt. Nun werden durchschnittlich zwei Punkte nicht mehr als gesondert vom Menschen unterschieden, wenn der Gesichtswinkel, d. h. der Winkel, den zwei Linien vom Mittelpunkte des Auges nach den beiden Punkten gezogen mit einander machen, kleiner als 40″ ist. *Smith* hat aus dieser Thatsache berechnet, dass zwei Eindrücke auf die Netzhaut nicht mehr als gesondert empfunden werden, wenn ihre Entfernung von einander auf der Netzhaut weniger als $^1/_{8000}$ P. Z. beträgt, was merkwürdig genau mit den Weber'schen Messungen übereinstimmt. *Treviranus, Baer* und *Volkmann* haben zwar dieses Resultat in Zweifel ziehen wollen aus Versuchen, die ergeben, dass man Gegenstände, z. B. schwarze Punkte auf einer weissen Tafel noch aus Entfernungen erkennen könne, bei denen der Gesichtswinkel kleiner sei als 40″. Indess ist offenbar, dass das die Sache gar nicht trifft. Dass die Nervenfaser einen Eindruck fortpflanzt und zum Bewusstsein bringt, der nicht ihre ganze Oberfläche trifft, ist daraus allerdings ersichtlich, aber nicht dass sie auch im Stande sei, zwei verschiedene Eindrücke als gesondert fortzupflanzen, wenn sie von beiden gleichzeitig getroffen wird. Es folgt vielmehr aus den Weber'schen Messungen und Smith'schen Berechnungen unmittelbar, dass jede einzelne Faser nur einen einzelnen Punkt des Bildes repräsentirt**.

»Sehen wir nun rein körperlich auf das, was zum eigenthümlichen Reiz der Sehnerven dient (wir lassen natürlich hier die subjectiven Lichterscheinungen, deren wir oben erwähnt, bei Seite), so verschwindet uns plötzlich der ganze Glanz des Lichtlebens und es bleibt nur ein Spiel von Bewegungen einer uns noch unbekannten, Alles erfüllenden Materie, des Aethers, deren Gesetze die optischen Wissenschaften berechnen«***. Das glänzende Schauspiel des Regenbogens, die pracht-

---

* Man vergl. *Henle's* Allgem. Anatomie S. 656—669, 783—788, und die einschlagenden Artikel in *R. Wagner's* physiologischem Wörterbuch.

** Die spätern Einwendungen von *Volkmann* in *R. Wagner's* physikalischem Wörterbuch scheinen mir eben so wenig entscheidend, doch gehört eine speciellere Erörterung dieses Punktes nicht hierher.

*** *Fries*, psychische Anthropologie. I, 115.

volle Farbe des Schmetterlings ist nichts als das regelmässige und einförmige Anschlagen bestimmter Wellen einer farblosen gleichgültigen Flüssigkeit, des Aethers, an unsere Augennerven.

Ich muss hier die allgemeinen physikalischen Bedingungen des Sehens, insofern sie auf dem gradlinigen Fortschreiten der Lichtwellen, auf der allseitigen Verbreitung des zerstreuten oder unregelmässig reflectirten Lichtes, auf Brechungsgesetzen beim Durchgang durch verschiedene Medien und der darauf beruhenden Möglichkeit, dass alle selbstleuchtenden Punkte gesondert und neben einander in derselben Ordnung repräsentirt, hinter dem optischen Apparat des Auges auf der Retina erscheinen, hier als aus der Physik bekannt voraussetzen*.

Wir müssen hier aber nothwendig genau sondern, und dass dies bis jetzt nicht geschehen ist, hat viele Irrthümer in die Lehre vom Sehen gebracht. Sollen wir durch Beobachtung zu irgend einem Resultat kommen, so ist es durchaus nöthig, dass wir uns das ganze Experiment in alle seine einzelnen Theile zerlegen, gerade wie es der Mechaniker macht, wenn er die Fehler einer Maschine kennen lernen will, und dass wir dann bei jedem einzelnen Theil die eigenthümliche Sphäre des Irrthums bestimmen. Nur auf diese Weise können wir dahin gelangen, auch den möglichen Irrthum unserer Berechnung unterwerfen und somit aus dem Gesammtresultate eliminiren zu können.

Dreierlei ist beim Sehen zu unterscheiden:

A. Die physikalischen Bedingungen oder die Natur des Lichts und die darauf beruhende Sichtbarkeit der Körper und der rein optische Apparat in unserm Auge. Aus diesen Verhältnissen können keine Fehler hervorgehen, da hier Alles auf ausnahmslosen mathematischen Gesetzen beruht, aber wohl ist eine genaue Kenntniss dieser Gesetze unerlässlich für den, der sehen und sehend wissenschaftlich erkennen will. Wer über Gegenstände, die nach optischen Gesetzen zu beurtheilen sind, mitspricht, muss dieselben kennen**.

B. Die physiologischen Bedingungen, oder die Nervenphysik in Bezug auf den Sehnerven und die pathologischen Zustände, welche der gesunden Thätigkeit des ganzen Sehapparats Abbruch thun können. An jeden wissenschaftlich gebildeten Naturforscher muss man die Anforderung stellen, dass ihm die Resultate der neuern Nervenphysik, so weit sie den Sehnerven betreffen oder auf denselben Anwendung

---

* Man vergl. hierüber die classische Darstellung in *Joh. Müller's* Physiologie Bd. II. S. 276—300.

** In einer Sitzung der *Société philomatique* im Jahre 1840 trug ein Herr *Roulins* eine Theorie über das Weisswerden der Haare vor, welches er aus dem Verschwinden des flüssigen Inhalts und dem Ersatz durch die Luft erklärte; dagegen opponirte sich ein Herr *Doyère*, indem er meinte, dass dann die Haare durchsichtig und nicht weiss werden müssten. Ist es nicht unglaublich, dass in einer solchen Societät dergleichen vorkommen kann? Es ist eine der bekanntesten optischen Erscheinungen, dass durchsichtige Gegenstände in fein vertheiltem Zustande mit Luft vermischt schneeweiss erscheinen, weil bei dem öftern Wechsel der Media das Licht vollständig reflectirt wird. In allen botanischen Handbüchern steht ganz ernsthaft die Phrase: »die Spiralgefässe zeichnen sich insbesondere durch eine silberweisse Farbe aus.« Dabei wird völlig ignorirt, dass unterm Mikroskop meist die Spiralfaser gegen die daneben liegende Zellwand schwach gelb gefärbt erscheint, sonst aber völlig durchsichtig ist. Die Spiralgefässe erscheinen allerdings weiss, wenn man sie auf der Schnittfläche eines Pflanzentheils betrachtet, weil sie Luft enthalten, aus demselben Grunde, wie die weissen Haare; lässt man einen solchen Schnitt sich voll Wasser saugen, so ist's aber mit dem angeblichen Silberglanz vorbei, gerade wie bei pulverisirtem Glas, auf welches man Wasser giesst.

leiden, nicht unbekannt sind, so dass er sich dieser Kenntniss zur Beurtheilung der Lehre vom Sehen bedienen kann. Aber eben so wichtig ist es, auch die pathologischen Phänomene zu kennen, welche störend auf die Function des Sehens einwirken können. Ich will hier nur einen Gegenstand berühren, der selbst in neuester Zeit in Büchern, die gerade über die Anwendung des Mikroskops belehren sollen, mangelhaft behandelt ist, nämlich die sogenannten »*mouches volantes.*« Man muss hier zweierlei wesentlich unterscheiden:

Das Erste sind die schleimigen Absonderungen der Meibom'schen Drüsen auf der innern Fläche des obern Augenlides. Diese erscheinen als mehr oder weniger lange, wurmförmig gekrümmte Fäden von kleinen aneinandergereihten Kügelchen, die bei ruhiger Stellung des Auges und aufrechtem Kopfe allmälig von Oben nach Unten über das Sehfeld herabsinken und zuletzt verschwinden. Wenn sie beinahe unten angekommen sind, kann man sie durch eine rasche Bewegung des Augapfels nach Oben wieder etwas in die Höhe schnellen, zuletzt aber versinken sie völlig unter dem untern Augenlid. Diese Erscheinung findet bei gar vielen Menschen statt, vermehrt sich nach kleinen Unordnungen in der Diät und wird bei gewöhnlicher Beobachtung durch das vertical stehende Mikroskop sehr störend, weil sich jene Absonderungen bei der dazu nothwendigen Stellung des Kopfes auf der Mitte des Augapfels, also gerade vor der Pupille ansammeln, ohne abzufliessen. Eine kurze Aufrichtung des Kopfes entfernt sie, oder Beobachtung mit dem horizontal gestellten Mikroskop macht sie unschädlich.

Das Zweite aber sind die ächten »*mouches volantes.*« Dies sind kleine schwarze Flecke (Kügelchen), die in verschiedener, aber immer constanter Richtung sehr rasch vor den Augen vorüberfliegen. Ihre Erscheinung ist stets ein Symptom einer nicht unbedeutenden Augenkrankheit, welche in einer leichten Entzündung und in einer ungewöhnlichen Empfindlichkeit des Augennerven besteht. Dieser wird dadurch in den Stand gesetzt, die vom gesunden Sehnerven nicht empfundenen Schatten der (wegen jener leichtern Entzündung vielleicht häufigern) Blutkügelchen in den Verzweigungen der *Arteria centralis retinae* wahrzunehmen. Wer dieses Uebel an sich beobachtet, muss augenblicklich für einige Tage den Gebrauch des Mikroskops aussetzen, und überhaupt jede heftige Anstrengung des Auges, besonders auch Arbeiten bei sehr hellem Feuer, oder bei strahlender Wärme unterlassen, wenn er sein Sehvermögen nicht in Gefahr setzen will.

C. Die psychologischen Bedingungen oder der Anfang des Erkennens in der Sinnesanschauung. Hier ist gerade der Punkt, wo ich die Meisten, die bisher über das Sehen geschrieben, für mangelhaft orientirt halte, und gleichwohl ist dies gerade der wichtigste Punkt, weil hier fast ausschliesslich die Quelle aller Irrthümer zu suchen ist. Der Hauptfehler ist nämlich hier der: Was wir gewöhnlich Sehen nennen, ist nicht Thätigkeit des Sinnes, der Nerven oder des Gehirns, sondern Selbstthätigkeit der Vernunft als Erkenntnisskraft, die nur durch den Sinn zur Aeusserung ihrer Thätigkeit angeregt wird. Wir sehen, d. h. wir erkennen sehend nicht die Erregung des Sehnerven, nicht das Bild auf der Netzhaut, nicht die Aetherschwingungen, sondern Licht und Farben in bestimmter räumlicher Nebenordnung ausser uns. Jede durch die äussern Sinne angeregte Erkenntnissthätigkeit giebt zur sinnlichen Anregung mit Nothwendigkeit die Beziehung auf den Raum, die Construction im Raume hinzu. Bilder, Gestalten sehen heisst, sie in den Raum hineinconstruiren; aber der Sinn construirt nicht und kann nicht construiren, sondern die mathematische Anschauung. Vom Sinne empfangen

wir nichts als gleichzeitige Empfindungen verschieden erleuchteter und verschieden gefärbter Punkte. Als im äussern Raum befindlich fasst sie die Erkenntnissthätigkeit unmittelbar auf, aber da vom Sinne keine Entfernungen mitgegeben sind und gegeben werden können, zunächst in unbestimmten, also gleichen Entfernungen und daher zuerst auf eine Kugelfläche projicirt. So sieht noch das Kind Alles in einer überall gleich nahen Fläche und greift nach dem Mond wie nach der Mutter; so projiciren wir Alle da, wo nicht durch Veränderung der Standlinie die Möglichkeit einer Triangulirung der Entfernungen gegeben ist, also beim Anblick des gestirnten Himmels, auf eine Kugelfläche. Erst durch Vergleichung verschiedener Anschauungen desselben Gegenstandes von verschiedenen Standpunkten aus und durch die Anschauungen, welche uns durch die andern Sinne eingeleitet werden, gewinnen wir allmälig die Elemente, um die körperliche Construction nach den drei Dimensionen des Raumes ausführen zu können. Die richtige Würdigung dieses Verhältnisses finden wir zuerst und allein bei unserm *Fries* in seiner Anthropologie und in seiner Kritik der Vernunft, ganz besonders aber in der gründlichen und geistreichen Abhandlung: Ueber den optischen Mittelpunkt im menschlichen Auge nebst allgemeinen Bemerkungen über die Theorie des Sehens. Jena, 1839. Darauf muss ich auch hier verweisen, da mich die Ausführung dieses Themas zu weit führen würde.

Hier ist nun die Sphäre des Irrthums, insofern hier die Selbstthätigkeit der Erkenntnisskraft eingreift und es von ihrer grössern oder geringern Bildung abhängt, ob sie nach genügenden Elementen richtig oder nach ungenügenden falsch construirt. Ein merkwürdiges Beispiel hierfür ist die scheinbare Grösse des aufgehenden Mondes im Verhältniss zum Mond im Zenith und die Erscheinung, dass Jedem der Horizont ferner erscheint, als das Himmelsgewölbe über ihm. Beides sind falsche Constructionen der mathematischen Anschauung, denen aber auch der grösste Astronom unterliegt, weil er sich die zur vollständigen Construction fehlenden Elemente nicht anschaulich verschaffen kann. Zur Vermeidung oder Erkennung dieser Irrthümer kann man allein durch eine genaue psychologische Orientirung über die Natur der menschlichen Erkenntnisskraft geführt werden.

4. Eine genaue Unterscheidung der unter Nr. 2. dieses §. angegebenen Momente liefert uns aber auch allein den richtigen Maassstab für die Beurtheilung des Sehens mit bewaffnetem Auge. Dass an keine gründliche Bearbeitung der Naturwissenschaften in irgend einer Disciplin und besonders in der Lehre von den Organismen fernerhin zu denken ist, als mit Hülfe des Mikroskops, sollte nach den Belehrungen der letzten 30 Jahre auch nicht einmal der Erwähnung mehr bedürfen. Wer Botaniker oder Zoolog werden will ohne Mikroskop, ist mindestens ein eben so grosser Thor, als wer den Himmel beobachten will ohne Fernrohr. Ich erspare mir deshalb die völlig überflüssige Mühe, über den Werth dieses Instruments noch etwas zu sagen. Ueber die Art seines Gebrauchs haben wir aber noch keine einzige genügende Arbeit erhalten, insbesondere weil man nicht von einer genügenden Theorie des Sehens selbst ausging, und deshalb will ich darüber hier einige Andeutungen versuchen; selbst die in jeder andern Beziehung so unübertreffliche Arbeit von *Hugo von Mohl* »*Micrographie*« berührt gerade den Punkt, den ich für den wesentlichsten halte, gar nicht.

Der Begriff der Entfernung ist erst das Resultat eines mathematischen Urtheils. Für die einfachsten Fälle müssen wir hier die Bedingungen genau betrachten. Wir fassen, wie gesagt, das Bild auf der Netzhaut unmittelbar als ausser uns liegende

erleuchtete Punkte und dann zunächst als Fläche auf. Die von den verschiedenen Punkten dieser Fläche nach unserm Auge gezogenen Linien bilden unter sich Winkel, und diese Winkel, Richtungsverschiedenheiten, zunächst sind es, die wir erkennen. Dass diesen Winkeln aber ganz verschiedene Entfernungen der leuchtenden Punkte von einander entsprechen können nach der verschiedenen Entfernung der leuchtenden Punkte vom Auge, ist klar. Alle relativen Grössenbestimmungen müssen wir uns also erst mathematisch construiren, wofür der erste Anhaltspunkt allerdings die Grösse des Gesichtswinkels ist. Das zweite Element wäre hier die Entfernung; aber auch diese kommt uns nur durch Vergleichung vieler Eindrücke unter einander allmälig zum Bewusstsein, und hier ist ebenfalls die einfache Grundlage der Gesichtswinkel, indem wir das unter kleinerem Gesichtswinkel Erscheinende im Allgemeinen ferner setzen, dann aber noch die Deutlichkeit hinzunehmen, indem wir bald fühlen, dass unser Auge, durch die dazwischenliegenden Luftschichten in seiner Empfindlichkeit beschränkt, nähere Gegenstände deutlicher sieht als ferne. Betrachten wir hierfür aber die physikalischen Bedingungen des Sehens, so zeigt sich uns, dass es in Hinsicht der Nähe ein Minimum geben muss, innerhalb welcher Grenze ein deutliches Sehen unmöglich wird, weil das Bild des leuchtenden Punktes hinter die Netzhaut fällt.

Trennen wir nun alle übrigen Momente, die unsere Beurtheilung der Körperlichkeit der Gegenstände leiten, ab, so bleibt uns als Resultat stehen, bei gleicher Deutlichkeit der Bilder bestimmen wir ihre relative Grösse nach dem Gesichtswinkel, oder bei gleichem Gesichtswinkel nach der Deutlichkeit. Um einen Gegenstand grösser erscheinen zu lassen, brauchen wir ihn also nur dem Auge immer mehr zu nähern; dadurch werden die Gesichtswinkel vergrössert und die einzelnen Punkte des Körpers rücken weiter auseinander, d. h. wir unterscheiden an demselben Gegenstande mehr Punkte, als vorher möglich war, da, wie oben bemerkt, zwei Punkte, die einen Gesichtswinkel unter 40″ bilden, nicht mehr als gesonderte unterschieden werden. Nun ist aber hier eine Grenze gegeben durch die lichtbrechenden Mittel unseres Auges, eine Grenze, die im Mittel 8″ beträgt. Nähere Gegenstände werden nicht mehr völlig deutlich gesehen, weil die von einem Punkte ausgehenden Strahlen zu sehr divergiren, um noch auf der Netzhaut in einen Punkt vereinigt zu werden. Es ist aber bekannt, dass Strahlen, die aus dem Brennpunkt einer Linse divergirend ausgehen, nach ihrem Durchgang durch dieselbe parallel werden. Es ist ferner bekannt, dass parallel auf eine Linse auffallende Strahlen ein scharfes Bild eines leuchtenden Punktes in der Brennweite dieser Linse liefern. Stellen wir also zwischen unser Auge und den Körper, welchen wir diesem zu sehr genähert haben, eine Linse so auf, dass der Körper gerade im Brennpunkte der Linse liegt, so werden die von ihm ausgehenden Strahlen durch die Linse parallel werden und als solche auf die Linse unseres Auges fallend von derselben mit völliger Schärfe auf unserer Netzhaut vereinigt werden. Da nun bei gleicher Helligkeit die Grössenbestimmung von dem Gesichtswinkel, dieser aber von der Nähe des Gegenstandes zum Auge abhängt, so wird der genannte Körper uns vergrössert erscheinen, wir werden im Stande sein, in ihm mehr einzelne Punkte zu unterscheiden, als früher. Und damit ist uns die Theorie des einfachen Mikroskops, der Loupe u. s. w. gegeben. Die Stärke der Vergrösserung wird sich hier nach der Nähe des Gegenstandes richten; je näher aber der Gegenstand ist, desto kürzer muss die Brennweite der Linse sein, durch welche die von ihm ausgehenden Strahlen parallel gemacht werden oder, wie man gewöhnlich sagt, je kleiner die Brenn-

weite der Linse, desto stärker die Vergrösserung. Da nun Centrumwinkel auf gleichen Sehnen sich nahebei umgekehrt verhalten wie die Radien der zu ihnen gehörigen Kreise, so wird bei 4″ Entfernung vom Auge der Sehwinkel doppelt so gross sein als bei 8″ u. s. w., d. h. wir finden die scheinbare Vergrösserung, wenn wir mit der Brennweite der Linse in die deutliche Sehweite von 8″ dividiren. Die Stärke der Vergrösserung beim einfachen Vergrösserungsglase hängt also nur von der Nähe des Gegenstandes zum Auge ab, indem die dazwischenliegende Linse nichts thut, als das deutliche Sehen in so grosser Nähe möglich zu machen.

Hier finden wir nun sehr bald die Grenze für die Möglichkeit der Vergrösserung in der Unmöglichkeit, in gewisser Nähe noch eine Linse zwischen das Object und unser Auge zu bringen. Wir können hier aber auf andere Weise nachhelfen. Aus der Physik ist bekannt, dass hinter der Linse unter gewissen Bedingungen ein vergrössertes Bild von Gegenständen, die vor derselben befindlich sind, entsteht. Wenn die Linse gut gearbeitet ist, so wird das Bild sehr genau dem Gegenstande entsprechen, und namentlich werden in jenem noch viele Punkte repräsentirt sein, die bei der Entfernung des deutlichen Sehens unter einem geringeren Gesichtswinkel als 40″ erscheinen. Dieses Bild können wir also wieder als Object behandeln, mit einem einfachen Mikroskop betrachten und so weit vergrössern, als noch scheinbar einfache Punkte und Linien zu zwei oder mehreren aufgelöst werden, und hierauf beruht die Theorie des zusammengesetzten Mikroskops, bei welchem wir das von einer Linse (oder Linsencombination), dem Objectiv, entworfene Bild mit einer anderen, dem Ocular, betrachten.

Diese beiden Instrumente, das einfache Mikroskop und das zusammengesetze, sind nun die beiden einzigen von wissenschaftlichem Werth. Das sogenannte Sonnenmikroskop oder das auf denselben Principien beruhende, nur mit anderm Licht erleuchtete Hydro-Oxygengasmikroskop ist nichts, als eine physikalische Spielerei, eine etwas vergrösserte *Laterna magica*. Mit Schärfe und Klarheit kann der Gegenstand durch ein solches Instrument nie so stark vergrössert werden, als durch ein einfaches Mikroskop. Das liegt schon in den physikalischen Bedingungen. Die von der Charlatanerie ausposaunten millionenfachen Vergrösserungen sind einmal nur ganz sinnlose Angaben der kubischen Vergrösserung und werden zweitens wie bei der *Laterna magica* nur durch Entfernung der das Bild auffangenden Fläche von der Linse erreicht, wodurch alle Schärfe der Zeichnung, worauf es bei wissenschaftlichen Untersuchungen allein ankommt, verloren geht.

Es versteht sich wohl von selbst, dass man statt der durchsichtigen Linsen auch wie beim Teleskop Hohlspiegel anwenden kann, und in der That ist dies auch von *Amici* in Modena zuerst ausgeführt und war damals, als Achromatisirung der Linsen noch mangelhaft, der Aplanatismus noch gar nicht erfunden war, allerdings eine sehr dankenswerthe Verbesserung. Jetzt aber hat diese Einrichtung fast ganz ihren Werth verloren; denn abgesehen von der Schwierigkeit, den Spiegel ganz rein zu erhalten, kann man demselben auch immer nur einen höchst geringen Theil der Vergrösserung überlassen, weil sich sonst das Object nicht anbringen liesse, und der grössere Theil der Vergrösserung fällt dann immer dem Ocular anheim; welches daher alle Fehler der sphärischen Abweichung auch in höherem Grade, als bei den dioptrischen Mikroskopen der Fall ist, in das Bild hineinbringt.

Es ist aus der eben gegebenen Darstellung ersichtlich, dass die Vortrefflichkeit des Mikroskops hauptsächlich von der Güte der Linsen, beim Compositum aber ganz besonders von der Richtigkeit und Genauigkeit der Objective abhängt, indem

jeder Fehler, mit dem das Bild behaftet ist, durch das Ocular noch vergrössert wird. Hier waren es besonders zwei Fehler, die erst die neuere Zeit, aber auch mit ziemlich glänzendem Erfolg, hat beseitigen können, nämlich die chromatische und die sphärische Abweichung, die man jetzt, erstere durch achromatisirte Linsen und letztere beim einfachen Mikroskop durch *Wollaston's* oder *Chevalier's* Doppellinsen, beim zusammengesetzten Mikroskop durch aplanatische Objective beseitigt. Sehr vorzüglich ist das Instrument, welches auch beim Ocular die sphärische Abweichung durch Aplanatismus entfernt. Leider lässt sich dabei keine sehr starke Vergrösserung anbringen, die aber kaum vermisst wird.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergiebt sich, dass man, um sichere und von optischen Fehlern möglichst freie Resultate zu erhalten, sich bei einfachen Mikroskopen nur der achromatischen Doppellinsen, bei zusammengesetzten Mikroskopen nur der achromatischen und wenigstens mit aplanatischen Objectiven versehenen Instrumente bedienen müsse.

Noch wäre hier die Frage zu beantworten, ob zu wissenschaftlichen Untersuchungen das einfache Mikroskop oder das zusammengesetzte vortheilhafter sei. Ich muss mich unbedingt für das letztere entscheiden und zwar aus folgenden Gründen. *Ceteris paribus* greift das einfache Mikroskop das Auge bei weitem mehr an als das Compositum, weil die Lichtstärke (die von der Schärfe und Klarheit des Bildes ganz unabhängig und davon wohl zu unterscheiden ist) intensiver ist und einen kleineren Theil der Netzhaut trifft, daher eine grössere Ungleichheit in der Erregung des Sehnerven zur Folge hat, sodann wegen der grossen Unbequemlichkeit, die in der geringen Brennweite bei stärkeren Vergrösserungen liegt, ferner wegen der mit derselben mathematischen Sicherheit zu erlangenden stärkeren Vergrösserungen beim Compositum, endlich weil alle Vorwürfe, die man früher dem Compositum zu machen pflegte, zum Theil das nicht achromatisirte, alle nur das nicht aplanatische Instrument trafen. Gewohnheit mag auch hier viel entscheiden, allein wenn wir die Beobachtungen der letzten 20 Jahre vergleichen, müssen wir doch zugeben, dass, mit Ausnahme von *Rob. Brown's* Entdeckungen (eines Mannes, der gar nicht angeführt werden darf, weil er ganz *sui generis* ist und schwerlich seines Gleichen findet) alle die Wissenschaft fördernden Beobachtungen ausschliesslich mit dem zusammengesetzten Mikroskope gemacht sind.

Seit *Amici* die Querstreifen auf den Flügelschuppen der *Hipparchia Janira* als Probeobject empfohlen hat, kommen von den neuern Instrumenten natürlich nur noch diejenigen in Betracht, welche diese Querstreifen mit einigermaassen genügender Deutlichkeit zeigen. Dies thun nun von den mir bekannten die Instrumente von *Amici*, *Nobert*, *Oberhäuser*, *Schiek*, *Pistor*, *Plössl* und *Hirschmann*. Indess findet hier noch zunächst der Unterschied statt, dass einige von diesen Instrumenten die Querstreifen deutlich bei hellem vollem Lichte erkennen lassen, andere dagegen nur bei abgedämpftem und schief einfallendem Lichte. Zu den erstern gehören nur *Amici's* Mikroskope und einige Combinationen bei den *Nobert*'schen Instrumenten und die bessern Instrumente von *Oberhäuser*. — Bei meinen neuern Vergleichungen des Werthes der Instrumente standen mir folgende zu Gebote:
1. Von *Amici* ein ganz ausgezeichnetes neueres Instrument (in meinem Besitz).
2. Von *Nobert* ein desgleichen erst vor kurzer Zeit vollendetes (in meinem Besitz).
3. Von *Oberhäuser*, *a*) ein Instrument mittlerer Grösse, vor etwa 6 Jahren verfertigt, mit den Systemen 4, 7 und 8 und Ocular 1, 3, 5 (Nr. 3 und 5 in doppelten Exemplaren) (meinem Schüler Herrn *Schacht* gehörig); *b*) ein zweites ganz gros-

ses, vor etwa 3 Jahren verfertigtes Instrument, demselben gehörig. 4. Von *Schiek*, *a*) ein älteres 1834 gefertigtes Instrument, welches vor Kurzem von *Schiek* mit einem allseitig beweglichen Spiegel und einem neuen etwas schärferen Objectivsystem, von einem Jenaer Mechaniker noch mit einer Beleuchtungslinse nach *Amici* versehen ward (in meinem Besitz); *b*) ein zweites vor etwa 8 Jahren verfertigtes, mit alter Spiegeleinrichtung und drehbarer Scheibe mit Diaphragma (Herrn Prof. *Siebert* gehörig); *c*) ein etwa 10 Jahre altes mit Tisch nach Art der grossen Oberhäuser'schen Instrumente (Hrn. Prof. *Domrich* gehörig). 5. Von *Plössl* ein vor 6 Jahren verfertigtes grosses Instrument (im Besitz des Herrn Dr. *v. Hessling*). 6. Ein anderes vor etwa 10 Jahren gearbeitetes (im Besitz des hiesigen physiologischen Instituts). 7. Ein Instrument von *Pistor* (Herrn Dr. *O. Schmidt* gehörig). 8. Ein ditto von *Hirschmann* (im Besitz des hiesigen physiologischen Instituts).

Von allen diesen war *Amici's* Mikroskop ohne allen Zweifel in optischer Hinsicht das vollkommenste. Seine Vorzüge bestehen ausser der Vortrefflichkeit der Linsen in der Eigenthümlichkeit, dass für Objecte unter Deckgläsern der verschiedensten Dicke Reihen von Combinationen vorhanden sind, man also nie in dieser Beziehung in Verlegenheit kommen kann. Ich erwähne ihrer hier mit Angabe der ohngefähren Vergrösserung bei Anwendung des Oculars Nr. 1.

Dicke der Deckgläser.	Linienvergrösserung.	Objectivsystem.
0	54	1
0	100	2
0	120	3
0	333	4
Dünnstes Glimmerblättchen	600	5
0,25—0,4 M. m. Dicke	666	6
0, 5 - - -	375	7
1, 0 - - -	200	8
1, 0 - - -	360	9
1, 0 - - -	400	10
1,25 - - -	430	11

Da man bei fast allen Untersuchungen gezwungen ist, sich der Deckgläschen zu bedienen, da die ganz dünnen Deckgläschen sehr theuer und leicht zerbrechlich sind, so erhalten besonders die Combinationen 8 bis 11 einen ausserordentlichen praktischen Werth. — Ein zweiter Vorzug dieser Instrumente liegt besonders in dem, so viel ich weiss, von ihm zuerst angewendeten Beleuchtungsapparat. Dieser besteht 1. aus einem Planspiegel, der nicht nur um zwei rechtwinkelig auf einander stehende Achsen (wie gewöhnlich) zu drehen ist, sondern auch wegen seiner Befestigung an einem drehbaren verticalen Arm rechts und links seitwärts gestellt werden kann, 2. aus einer horizontal und vertical beweglichen, zwischen Spiegel und Tisch angebrachten planconvexen Linse. Schon die Schiefstellung des Spiegels, aber fast mehr noch die Anwendung der Linse machen einen so grossen Unterschied, dass ich mit den *Schiek*'schen Objectiven 4, 5, 6, welche 1835 verfertigt sind, jetzt mit der neuen Spiegeleinrichtung die Querlinien an den meisten Schuppen der *Hipparchia Janira* ausgezeichnet deutlich erkennen kann, was mir früher ganz unmöglich war.

Neben *Amici* sind einige Combinationen von *Nobert* als höchst ausgezeichnet zu nennen, namentlich zeigen die Objective 7, 8, 9 mit Ocular Nr. 2 die erwähnten Querstreifen fast noch mit grösserer Schärfe als irgend eine Combination von

Amici. Die Wirkung wird hier zum Theil bedingt durch eine von *Nobert* angebrachte Beleuchtungslinse, welche am Rande planconvex, in der Mitte planconcav ist und sich sehr dazu eignet, denen, die nicht an den Unterschied der definirenden und durchdringenden Kraft des Mikroskops glauben, dieselbe augenscheinlich zu demonstriren, indem bei Anwendung des Objectivs 4, 5, 6 mit Ocular 1. ohne jene Linse die Umrisse sehr scharf, die Querstreifen aber nicht erkennbar sind; während bei Anwendung der Linse die Umrisse plötzlich fast ganz verwaschen werden, dagegen die Querstreifen deutlich hervortreten. Indessen scheinen mir die Objective 4, 5, 6 nicht so vollkommen zu sein wie 7, 8, 9.

Ganz vortrefflich sind auch die Mikroskope von *Oberhäuser* und besonders zeichnet sich das Objectivsystem Nr. 7 auffallend aus. Schon bei 156maliger Vergrösserung erkennt man hier, wenn auch sehr zart gezeichnet (mit Ocular Nr. 1), die Querlinien der Hipparchiaschuppen, die beim Ocular Nr. 5 mit grosser Schärfe der Zeichnung hervortreten. Es ist gewiss ein Beweis für die Vortrefflichkeit des Systems 7, dass es so starke Oculare verträgt, ohne dass die Schönheit des Bildes leidet. Nimmt man hierzu die tadellose Vollendung der Messingarbeit und das äusserst praktische Ajustement, so muss man *Oberhäuser* den Vorzug vor allen andern Mikroskopverfertigern einräumen.

Das Instrument von *Pistor* zeigt die Querstreifen der Hipparchiaschuppen ausgezeichnet scharf. — Fast gleich deutlich erscheinen sie bei dem älteren Objectivsystem 4, 5, 6 eines *Schiek*'schen Instrumentes und noch besser bei einem neuen System, welches etwas stärker ist. — Die erwähnten Instrumente von *Plössl* stehen den oben genannten bei weitem nach. Doch liegt hier offenbar die Schuld grösstentheils an der mangelhaften Beleuchtungsweise. — Eine Schiefstellung des Spiegels und eine Beleuchtungslinse würden hier wie bei den *Schiek*'schen Instrumenten eine wesentliche Verbesserung hervorrufen. Von allen Mikroskopen, die ich kenne, war das erwähnte *Hirschmann*'sche das unvollkommenste.

Sehr verschieden verhalten sich die einzelnen Instrumente zu verschieden dicken Deckgläsern. Dass bei dem Bau der Mikroskope hierauf sorgfältig Rücksicht genommen werde, ist durchaus nothwendig, da die Mikroskope nicht für spielerische Betrachtung von Schmetterlingsschuppen, sondern zur Anstellung wissenschaftlicher Untersuchungen gebaut werden, die sich ohne Anwendung von Deckgläsern gar nicht denken lassen. Die Instrumente von *Amici* und *Nobert* sind nun ganz an die genau bestimmte Dicke der Deckgläser gebunden, ein dickeres und selbst ein zu dünnes Deckglas machen das ganze Bild trübe und verwaschen. Die übrigen Instrumente werden im Allgemeinen nur wenig von der Dicke des Deckglases afficirt, allerdings zeigen sie bei den dünnsten Deckgläsern das schönste Bild, aber ein zu dickes Deckglas macht doch nur einen sehr geringen, ein zu dünnes gar keinen Unterschied, und man kann auch ganz sicher den optischen Werth des Instrumentes nach seiner Empfindlickeit gegen das Maass der Deckgläser bestimmen.

Eine andere Verschiedenheit besteht aber noch zwischen den genannten Instrumenten, welche bei einigen zu Hoffnungen für die Zukunft zu berechtigen scheint. — Die stärksten Objectivlinsen von *Amici*, *Nobert* und *Plössl* haben kaum 1 Millimeter Durchmesser und kaum ½ M. m. Focalabstand (d. h. hier Abstand der untern Linsenfläche von der obern Fläche des Objectträgers). Hier scheint in dem Bestreben, die Objective zu verstärken, die äusserste Grenze erreicht zu sein. Dagegen haben die stärksten Objectivlinsen von *Schiek* und *Pistor* noch einen

Durchmesser von wenigstens 3 M. m. und einen fast eben so grossen Focalabstand. Beide dürfen also hoffen, durch die Herstellung stärkerer Objective ihre Instrumente wesentlich zu verbessern und wohl *Amici* vollkommen zu erreichen; denn gewiss ist die Combination der stärksten Objective mit den schwächsten Ocularen der richtigste leitende Grundsatz für die Vervollkommnung der Mikroskope.

Sehen wir nun von dem optischen Werth der Instrumente ab und wenden uns zu den für ihre Brauchbarkeit ebenfalls sehr wichtigen Messingarbeiten, so wird die Ordnung eine ganz andere; hier steht *Oberhäuser* und *Schiek* in der saubern Vollendung aller, auch der kleinsten Theile, oben an, ihnen folgen vielleicht zunächst *Plössl* und *Pistor*, während *Nobert* entschieden die unterste Stelle einnimmt, und *Amici* wahre Lehrjungenarbeit liefert.

Für die Einrichtung des Mikroskops muss ich *Hugo von Mohl* beistimmen, dass, so wie bis jetzt die Instrumente angefertigt werden, keines den Anforderungen des Praktikers ganz entspricht, insbesondere hat hier *Plössl* ein grosses Talent, Alles recht unpraktisch einzurichten, und man sieht deutlich, dass er weder selbst mikroskopischer Beobachter ist, noch auch einen näheren Bekannten hat, der von dem Gebrauch eines Mikroskops etwas verstände. Ein Hauptregulativ ist hier, Alles so einfach wie irgend möglich anzuordnen und feinere, complicirtere Apparate, die selten gebraucht werden, nicht gleich mit den täglich zu benutzenden zu verbinden. Höchst unzweckmässig ist z. B. die Verbindung des Schraubenmikrometers mit dem Tisch, wie sich das bei *Plössl* und *Nobert* findet.

Die Haupterfordernisse sind folgende: Grobe und feinere Bewegung, beide nur den Körper des Mikroskops treffend; der Tisch unbeweglich mit einer etwa ½ Zoll im Durchmesser haltenden Oeffnung, unter derselben eine drehbare Scheibe mit Löchern; eine planconvexe Beleuchtungslinse von etwa 1½ Zoll Brennweite und ein Planspiegel, der sich auch seitlich schief stellen lässt (die letzten Theile lassen sich zweckmässig in einen messingenen Cylinder einschliessen, wie bei den grossen *Oberhäuser*'schen Instrumenten). Eine Einrichtung, dass man jener *Amici*'schen Beleuchtungslinse unter Umständen die oben erwähnte *Nobert*'sche substituiren könne, möchte ebenfalls nicht unzweckmässig sein. — Ferner sollte man so vernünftig sein, die stärkeren Oculare (bei den meisten Instrumenten schon von Nr. 3 an) völlig wegzulassen als ganz unbrauchbar und daher das Instrument ganz unnöthig vertheuernd. — Jeder mikroskopische Beobachter endlich wird in seinem Kasten eine ganze Anzahl kleiner Apparate, schlechte Zangen, kleine plumpe Messerchen, Deckgläser für Infusorien und dergleichen Quark mehr finden, Dinge, die noch nach vielen Jahren gerade da liegen, wo sie der Verfertiger hinlegte, weil sie völlig nutzlos sind; auch diesen Kram sollte man endlich anfangen aus den Kästen zu entfernen. — Endlich möchte ich noch allen Optikern, besonders *Schiek*, *Nobert* und *Plössl*, den Wunsch aussprechen, dass sie ihre mehr als fusslangen und unbeholfen dicken Röhren mit dem so bequemen kurzen und dünnen Körper, wie ihn *Amici* und *Oberhäuser* haben, vertauschen möchten.

Fragt mich nun Einer: bei welchem Künstler soll ich mir ein Mikroskop bestellen? so antworte ich ihm: Bei *Amici*, *Plössl*, *Oberhäuser*, *Schick*, *Nobert* oder *Pistor* und zwar bei Demjenigen, von dem man wegen Vetterschaft oder Empfehlung erwarten darf, recht bald ein Instrument zu bekommen, denn das allgemeinste Leiden ist, dass man bei Allen lange auf Realisirung der Bestellung warten muss und die meisten von ihnen schlechte Worthalter sind.

Soviel über die Bestimmung des Werthes der Instrumente. Ehe ich mich aber

zur eigentlichen Beobachtungsweise wende, muss ich vorher noch zwei Punkte berühren, die eine genaue Betrachtung verdienen, weil sie oft von grossem Einfluss auf die wissenschaftlichen Resultate sind, nämlich die Mikrometrie und die Beleuchtung der Objecte.

a. In früheren Zeiten, ehe man zweckmässige Apparate besass, um die Grösse mikroskopischer Objecte direct zu bestimmen, hatte die Bestimmung der Vergrösserungskraft eines Mikroskops eine bei weitem grössere Wichtigkeit als jetzt. Man dividirte dann den scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes mit der Vergrösserungszahl und fand so die Grösse des Objects selbst. Natürlich ist dieses Verfahren zu roh, um wissenschaftliche Bedeutsamkeit zu haben, und daher auch längst abgeschafft. Nichtsdestoweniger ist es noch jetzt in vielen Fällen von hohem Interesse zu wissen, wie stark die Vergrösserung ist, deren man sich bedient. Meistens legen gute Optiker ihren Instrumenten einen Index für die Vergrösserung der verschiedenen Combinationen bei; da aber hier manchmal bedeutende Fehler mit unterlaufen*, so ist es nothwendig, dass der Beobachter selbst im Stande sei, die Vergrösserung seines Instruments zu bestimmen. Beim einfachen Mikroskop leidet das keine grosse Schwierigkeit, aber auch beim Compositum ist die Sache bei einiger Uebung sehr leicht. Man bedarf dazu nichts, als eines auf Elfenbein oder sehr weissem Papier schwarz verzeichneten Maassstabes, der Linien angiebt, und eines Glasmikrometers, welches dieselbe Linie in beliebige (für sehr starke Vergrösserungen wenigstens 60) Theile eingetheilt enthält. Dann legt man das Glasmikrometer unter das Mikroskop, und wenn man es so eingestellt, dass man die Theilstriche deutlich sieht, legt man daneben auf den Tisch des Mikroskops den Maassstab. Indem man nun mit dem einen Auge durchs Mikroskop, mit dem andern auf den Maasstab daneben sieht, der bei den meisten neuern Instrumenten ohnehin wegen der Länge der Röhre ohngefähr gerade in der deutlichen Sehweite zu liegen kommt, vergleicht man, was bei einiger Uebung leicht wird, beide Maassstäbe mit einander. Geht nun z. B. $^1/_{30}$ Decimallinie auf einen Viertelzoll, so hat man eine Vergrösserung von 75mal u. s. w. Die von *Jacquin*** und *Ch. Chevalier**** angegebenen Methoden sind nur sehr viel umständlicher, ohne für den etwas geübten Beobachter sehr viel genauere Resultate zu gewähren. Bei starken Vergrösserungen aber, bei denen allein bedeutende Fehler möglich sind, kommt es ohnehin auf einen Irrthum von 10 Procent gar nicht an. Ob ein Instrument 400 oder 440mal vergrössert, ist sehr gleichgültig, da ein wesentlicher Unterschied in dem Resultate doch nur dann erlangt wird, wenn die Vergrösserungszahl wenigstens um die Hälfte steigt.

Dass man alle Vergrösserungen nur nach Linearvergrösserung (Vergrösserung des Durchmessers) angeben sollte, versteht sich von selbst. Die Flächenvergrösserung anzugeben ist ganz unnöthige Weitläufigkeit, weil man sie doch immer erst auf die Quadratwurzel reduciren muss, um eine anschauliche Vorstellung von der Sache zu erhalten. Nur Charlatanerie, die den Laien Sand in die Augen streuen will, pflegt die Vergrösserung nach dem körperlichen Inhalt zu bestimmen, wodurch sie ihre volltönenden Millionen erhält. Die Sache ist geradezu ein lächerlicher Unsinn, da wir weder mit dem blossen Auge, noch mit dem Mikroskop die dritte Di-

* Bei *Schiek* sind die Angaben meist sehr genau, bei *Plössl* fast alle falsch, und, man könnte sagen, sehr zu seiner Ehre, alle bei weitem zu gering.

** *Baumgärtner*, Naturlehre. Supplementband. Wien 1831. S. 636.

*** *Ch. Chevalier, des microscopes et de leur usage etc. p.* 146.

mension des Raumes auffassen, da wir überhaupt keine Körper sehen, sondern nur erleuchtete Flächen.

Die stärksten Vergrösserungen, die bis jetzt von den ausgezeichnetsten Optikern, von *Amici*, *Nobert*, *Pistor*, *Schiek* und *Plössl*, erlangt sind, übersteigen nicht eine 2400—3000malige lineare Vergrösserung. Aber nur bis zum Fünftheil, etwa bis 500mal sind die Vergrösserungen wissenschaftlich brauchbar. Wenn Einer behauptet, er habe etwas bei einer 3000maligen Vergrösserung gesehen, was bei geringerer Vergrösserung zu sehen unmöglich sei, so darf man das dreist für eine reine Phantasie erklären. Ich habe fast die ausgezeichnetsten Mikroskope der neueren Zeit zu vergleichen Gelegenheit gehabt, besitze selbst vielleicht die besten Instrumente von *Schiek*, *Plössl*, *Amici* und *Nobert*, und habe eine ziemliche Uebung im Gebrauche des Instrumentes, muss aber behaupten, dass bei unsern jetzigen Mikroskopen man bei einer 3000maligen Vergrösserung Alles sehen kann, was man will, da hierbei ein zu bedeutender Lichtmangel eintritt und keine einzige Linie noch mit einiger Schärfe und Bestimmtheit gesehen wird. Der Grund hiervon ist auch leicht einzusehen. Bei allen diesen Mikroskopen werden die Vergrösserungen nur bis etwa zu 280—300mal zum grösseren Theil durch die Objective gewonnen. Von da an erhalten wir die Vergrösserungen nur durch das Ocular, welches aber nur das auch bei den bestgearbeiteten Objectiven doch stets mit einem Theil der sphärischen und chromatischen Abweichung behaftete Bild vergrössert und also auch in sehr schnell steigender Progression diese Fehler vermehrt. Dazu kommt noch, dass wegen des eintretenden gänzlichen Lichtmangels bei jener stärksten Vergrösserung das Collectivglas des Oculars wegbleiben muss und daher nicht allein die Fehler des Objectivbildes mindestens um das Zehnfache vergrössert, sondern auch noch mit den bei so kleinen Linsen höchst bedeutenden Fehlern des Oculars vermehrt werden.

Ziemlich allgemein ist der Glaube verbreitet, als bedürfe es zu mikroskopischen Untersuchungen sehr kostbarer Instrumente, die höchstens den Mitteln einiger Weniger zugänglich seien. Das ist aber ein grundfalsches Vorurtheil. Bei den grossen Fortschritten der optischen Technik kann man jetzt von jedem einigermaassen habilen Optiker sehr brauchbare Instrumente zu verhältnissmässig billigen Preisen erhalten, und Keiner, auch der Jüngste unter unseren Zeitgenossen, wird den Augenblick erleben, wo mit Hülfe eines solchen Instruments gar nichts die Wissenschaft Förderndes mehr zu thun sei. Aber es ist hier noch gar Manches zu unterscheiden. Wer bedeutende neue Untersuchungen über die schwierigern Fragen in der Elementarstructur der Pflanzen anstellen will, wird freilich gezwungen sein, sich mit den besten und kostbarsten neueren Instrumenten zu versehen. Aber einmal ist überall nicht Jeder berufen, die Wissenschaft bedeutend zu f ö r d e r n, wohl aber hat Jeder Anspruch darauf, die Wissenschaft, wie sie gerade liegt, s i c h z u e i g e n m a c h e n z u k ö n n e n, und zweitens ist die Untersuchung der Elementarstructur noch lange nicht die ganze Wissenschaft, und wenn auch ein sehr wesentlicher, doch nur ein sehr kleiner Theil von ihr. Von den Meisten wird der Werth der sehr starken Vergrösserungen bei Weitem überschätzt, und insbesondere bedarf es, um das von Andern einmal Gefundene, gut Beschriebene und Abgebildete wieder zu sehen und sich von der Richtigkeit zu überzeugen, oft nur sehr geringer Vergrösserungen. Es geht hierbei gerade wie bei der Fernsicht. Eine Thurmspitze, die man mit unbewaffnetem Auge aufzufinden nicht im Stande ist, erkennt man leicht und deutlich wieder, sobald man sie mit dem Fernrohr entdeckt

hatte. Eben so bedarf es, um sich von den meisten Gegenständen der Pflanzenanatomie vollkommen zu überzeugen, nur sehr geringer, etwa 120maliger Vergrösserungen. Für morphologische Untersuchungen sind nun aber die sehr starken Vergrösserungen zum Theil völlig unbrauchbar, und hier ist noch ein so fruchtbares und so wenig bearbeitetes Feld der Forschung, dass man Jedem, der mit aufrichtigem Fleiss und redlichem Eifer an derartige Untersuchungen auch mit sehr einfachen Instrumenten geht, mit Sicherheit eine wissenschaftliche Unsterblichkeit versprechen kann. Hier ist noch so unendlich viel zu thun, dass es sogar schwierig ist, nichts Neues zu entdecken. Es kommt hier bei Weitem mehr auf Gewandtheit im Präpariren der Gegenstände, auf Uebung und unbefangenes Anschauungstalent des Beobachters, als auf kostbare Instrumente an.

Meinen Zuhörern empfehle ich als äusserst brauchbar für sämmtliche Zwecke des Lernenden die einfachen Mikroskope, welche hier in Jena vom Mechanikus *Zeiss* verfertigt werden. Ein sehr zweckmässiges Gestell mit grober und feiner Einstellung der Linsen mit feststehendem Tisch nebst drei sehr klaren Vergrösserungen von 15,30 und 120mal nebst einigen Objectträgern und Deckgläschen kostet nur 11 Thlr. pr. Ct. In neuerer Zeit sollen in Berlin, Magdeburg und Zürich zusammengesetzte Mikroskope eben so billig oder noch billiger verfertigt werden. Aus Mangel eigener Anschauung kann ich nichts darüber sagen. Für die meisten Untersuchungen, selbst im Felde der thierischen Histologie ganz ausreichend, sind die kleinen Instrumente von *Oberhäuser* zu 70 Francs.

Wichtiger als die Bestimmung der Vergrösserung des Mikroskops ist die Bestimmung der absoluten Grösse sehr kleiner Objecte. Genaue Beobachter suchten schon früh nach Mitteln; so griff *Leeuwenhoek* zu möglichst rein geschlemmten Sandkörnern, bestimmte, wie viel ihrer auf eine Linie gingen und streute die so gemessenen Körnchen unter die mikroskopischen Objecte, und ermittelte deren Grösse dann durch Vergleichung. Spätere nahmen andere kleine Körperchen dazu, z. B. Blumenstaub. Nachdem die Querstreifen auf den Muskeln entdeckt waren, pflegte man wohl diese zu empfehlen, auch Blutkügelchen von verschiedenen Thieren. Alle diese Versuche sind wissenschaftlich von wenig Werth. Man kam daher früh auf die Anfertigung eigentlicher mikroskopischer Messinstrumente. Das älteste derselben war das sogenannte Glasmikrometer, nämlich ein glattes Glasplättchen, in welches eine sehr feine Eintheilung mit dem Diamant eingeschnitten war. Besonders zeichnete sich in früherer Zeit *Dollond* durch die Anfertigung ausgezeichnet schöner und genau gearbeiteter Mikrometer aus. In neuerer Zeit ist es Gemeingut aller tüchtiger Mechaniker geworden; die saubersten und genausten verfertigt in neuerer Zeit *Nobert*. Diese Mikrometer haben aber doch wesentliche Nachtheile und sind in vielen Fällen gar nicht anzuwenden. Bei sehr kleinen Gegenständen, also bei sehr starker Vergrösserung ist es nicht möglich, das Object und die Theilstriche des Mikrometers gleichzeitig im Focus zu haben; dadurch wird ein genaues Messen ganz unmöglich. Ebenfalls lassen sich solche Gegenstände, die nothwendig in Wasser liegen müssen, um unters Mikroskop gebracht werden zu können, nicht gut mit dem Glasmikrometer messen, da die kleinen Theilstriche vom Wasser ausgefüllt und dadurch fast gänzlich unsichtbar werden. Sehr viel bequemer und genauer ist jedenfalls die Methode, das Glasmikrometer an der Stelle des Diaphragma im Ocular anzubringen. Man muss dann erst mit einem auf dem Objecttisch angebrachten Mikrometer den Werth der Eintheilungen bestimmen, der für jede Objectivcombination ein anderer wird; da man aber hier selten und immer rein zufällig auf

rationale Theile eines Zolls oder dergleichen kommen wird, ist auch dieser Messapparat sehr unbequem.

Man bedient sich daher in neuerer Zeit zu eigentlich wissenschaftlichen Untersuchungen des von *Frauenhofer* zuerst angewandten Schraubenmikrometers, das auch jetzt den grösseren Instrumenten der deustchen Optiker gewöhnlich beigegeben wird. Das ganze Instrument beruht auf einer Vorrichtung, durch welche man in den Stand gesetzt wird, das zu messende Object in einer gradlinigen stetigen Bewegung durch das Gesichtsfeld des Mikroskops durchzuführen und den zurückgelegten Weg zu messen. Zu dem Ende construirt man einen beweglichen Tisch, einen sogenannten Schlitten, d. h. eine in Falzen bewegliche Platte. An diese Platte befestigt man eine Schraube, durch deren Umdrehung der Schlitten hin- und hergeschoben wird. Diese Schraube wird sehr genau aus Stahl gedreht und hat gewöhnlich 100 Umläufe auf einen Zoll. Man nennt eine solche Schraube eine Mikrometerschraube. Eine jede ganze Umdrehung der Schraube bewegt also den Tisch um 0″,01 vorwärts. Bei vorausgesetzter vollkommener Gleichförmigkeit des Schraubenganges wird bei jedem $\frac{1}{100}$stel einer Umdrehung der Tisch um ein 0″,0001 vorwärts bewegt. Um diese Theile zu bestimmen, bringt man an dem einen Ende der Schraube eine in 100 Theile getheilte Scheibe an, und einen fesstehenden Index, an dem man die Zahl der Theile ablesen kann, endlich ist neben dem Index noch ein Nonius, wodurch es möglich wird, von dem hundertsten Theil einer Umdrehung noch den zehnten Theil, also im Ganzen 0″,00001 zu bestimmen. Gemessen wird mit diesem Instrument auf folgende Weise. In dem Diaphragma des Oculars wird ein feiner Spinnewebfaden angebracht, und nachdem das Schraubenmikrometer auf dem Tisch des Mikroskops befestigt ist, das Ocular so gedreht, dass der Faden die Axe der Schraube in einem rechten Winkel kreuzt. Man legt dann einen zu messenden Gegenstand so auf den Schlitten des Mikrometers, dass sein einer Rand den Faden im Diaphragma genau berührt, und führt dann den Gegenstand durch Bewegung der Schraube vorsichtig durch das Gesichtsfeld, bis der Faden den andern Rand des Objects berührt. Hat man nun am Anfang und Ende dieser Operation den Stand der eingetheilten Scheibe genau bemerkt, so ergiebt der Unterschied beider genau den Durchmesser des Objects in 100,000tel eines Zolls. Schwierig ist bei dieser Operation nur, den Gegenstand genau in die angegebene Lage zu bringen. Um dies zu erleichtern, bringt man am Mikrometer noch einige Vorrichtungen an. Zuerst legt man auf den in der Richtung der Schraubenaxe beweglichen Schlitten noch einen andern, der durch eine Schraube in einer auf der vorigen rechtwinkeligen Richtung beweglich ist; auf diesem bringt man noch eine Scheibe an, die genau um ihre Axe gedreht werden kann. Durch diese Vorrichtungen wird das Einstellen des Objects ziemlich erleichtert. Ueber die Vorzüge des Schraubenmikrometers ist viel gestritten worden. Seine Fehler liegen darin, dass eine Schraube nie so genau gearbeitet sein kann, dass ihre Windungen unter einander gleich sind und jede einzeln in sich gleichförmig ist. Man hat deshalb dem Glasmikrometer den Vorzug geben wollen. Dies beruht aber nur auf der Unkenntniss der Verfertigungsweise der Glasmikrometer. Ich habe oben die Fehler aufgezählt, die dem Glasmikrometer eigenthümlich sind. Zu diesen kommen noch alle Fehler des Schraubenmikrometers hinzu, denn erst vermittelst einer Mikrometerschraube, welche das Lineal bewegt, ist die Anfertigung eines Glasmikrometers möglich. Ferner kommt noch der Nachtheil hinzu, dass das Glasmikrometer nur einen ganz kleinen Theil der Mikrometerschraube repräsentirt und vielleicht zufällig gerade

den ungenauesten, während man mit dem Schraubenmikrometer die Messung mit verschiedenen Theilen der Schraube wiederholen kann und daher, wenn man das Mittel aus allen diesen Messungen nimmt, die Unrichtigkeiten wahrscheinlich grösstentheils fortschafft. Uebrigens darf man bei alledem nur innerhalb gewisser Grenzen Werth auf diese Messungen legen. Denn man darf nur selbst einmal mit einem tüchtigen Mechanikus gesprochen haben, um zu wissen, was überhaupt die Grenzen der Genauigkeit bei solchen Instrumenten sind. Eine einzelne Messung hat daher gar keinen Werth, denn wenn ich damit die Breite eines Gegenstandes zu $^1/_{10000}$ eines Zolles bestimme, so kann er in der Wirklichkeit eben so gut $^1/_{7000}$ als $^1/_{14000}$ sein. Das Mittel von 3 bis 4 Messungen an verschiedenen Stellen der Schraube giebt aber schon ein ziemlich genaues Resultat. Am sichersten aber sind für den wissenschaftlichen Gebrauch immer nur die vergleichenden Messungen, wenn man nämlich mit demselben Instrument gleichzeitig ein bekanntes, allenthalben ziemlich gleich grosses und leicht zu erhaltendes Object, z. B. Blutkörperchen eines bestimmten Thieres misst, so dass die Angabe dieser Grösse gleichsam der Maassstab wird, auf welchem dann Jeder die mit seinem Instrumente gefundenen Resultate reduciren kann.

b. Auf die Beleuchtung der Gegenstände kommt sehr viel an. Je intensiver das Licht ist, welches von einem Gegenstande ausgeht, desto weniger schädlich ist natürlich der Verlust, den das Licht bei seinem Durchgange durch so viele brechende Medien, theils durch Reflexion an den Flächen, theils durch Absorption im Innern erleidet. Man muss hier aber zwei Arten der Benutzung des Mikroskops wesentlich unterscheiden, wie man es gewöhnlich zu nennen pflegt, die Betrachtung opaker und die transparenter Gegenstände.

Die erste ist die älteste, einfachste und natürlichste. Sie kommt ganz mit der Art und Weise überein, wie wir gewohnt sind, die Gegenstände mit blossem Auge mittelst des von ihnen zerstreuten Lichtes zu sehen. Hier genügt bei nicht allzustarken Vergrösserungen in der Regel das blosse Tageslicht. Bei stärkeren Vergrösserungen aber pflegt man das Licht (und zwar dann am besten künstliches) durch eine Linse oder durch ein sogenanntes *Selligue*'sches Prisma * concentrirt auf das Object zu leiten.

Ganz anders verhält sich die Sache beim Beobachten mit durchfallendem Licht. Es ist auffallend, dass noch kein Physiker eine Theorie dieser Art zu sehen gegeben, ja dass in allen physikalischen Handbüchern, die ich gesehen, gar nicht einmal auf die wesentliche Verschiedenheit dieser Beobachtungsweise hingedeutet ist. Im gewöhnlichen Leben kommt sie uns selten vor, etwa beim Wahrnehmen von Luftblasen oder andern Unregelmässigkeiten, oder mattgeschliffenen Zeichnungen in Glas. Das ganze Sehen beruht hier auf der verschiedenen Reflexion oder Absorption der Lichtstrahlen in ungleich brechenden und ungleich dichten Medien, die neben einander liegen. Die stärker brechenden oder dichteren Theile lassen weniger Lichtstrahlen durch sich durch zum Auge gelangen und erscheinen daher dunkler als die anderen. Ja es ist sehr wohl möglich, dass zwei Substanzen neben einander sich begrenzen, die beide gleiche Dichte und brechende Kraft haben und daher nicht als verschieden unterm Mikroskop erkannt werden könnten, aber dadurch als verschieden sichtbar werden, dass sie verschieden polarisirend oder depolarisirend auf das Licht wirken. Der Erfolg würde hier also immer von der grössern oder geringern

* Prisma mit zwei convexen Flächen.

Lichtmenge abhängen, welche von unten durch das Object fällt. Es kommt aber noch hinzu, dass eine verschiedene Menge Licht reflectirt wird, nach Verschiedenheit des Winkels, in welchem es auffällt, und deshalb ist auch die Richtung der von unten auffallenden Lichtstrahlen zu berücksichtigen.

Die gewöhnlich an allen Mikroskopen angebrachte Vorrichtung ist ein nach allen Richtungen beweglicher Beleuchtungsspiegel unter dem Tisch des Mikroskops. Man macht ihn plan, oder concav, und zwar letzteres so, dass der von ihm ausgehende Lichtkegel genau die Oeffnung des Tisches ausfüllt. Im letzteren Falle ist natürlich eine grössere Lichtmenge in dem Sehfelde concentrirt. Gewöhnlich vereinigt man einen planen und einen concaven Spiegel mit den Rücken gegen einander gekehrt in derselben Fassung, so dass man nach Bedürfniss wechseln kann. Wo möglich ist die Beleuchtung mit dem Planspiegel vorzuziehen: zwar ist hier die Lichtmenge nicht so gross, aber der Parallelismus der Strahlen ist entschieden für die Sicherheit der Beobachtung vortheilhafter. Es scheint nämlich, als ob durch die Convergenz der Strahlen beim Hohlspiegel in dem Bilde Verschiebungen veranlasst werden können. Ich bin oft auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden, gestehe aber, dass ich nichts darüber zu sagen weiss, da die Optiker uns hier ganz im Stiche lassen.

Für die zweckmässigste Beleuchtung halte ich die von *Wollaston* beim einfachen, von *Amici* beim zusammengesetzten Mikroskop angewendete durch einen Planspiegel und eine über demselben befindlichen, sowohl seitlich als auf- und abwärts beweglichen planconvexen Sammellinse. Dieser Apparat lässt die grösste Abänderung in der Beleuchtung der Objecte zu.

Man muss indess bei Beobachtungen zarter Objecte eben so oft zur Milderung der Beleuchtung seine Zuflucht nehmen. Bei sehr durchsichtigen Gegenständen wird das Auge durch starkes Licht zu sehr gereizt, um noch sehr zarte Unterschiede wahrnehmen zu können, welche man bei gemässigtem Lichte leichter auffasst. Man bedeckt zu dem Ende den Planspiegel noch mit einem Täfelchen von weissem Holz, Elfenbein oder Ebenholz, oder stellt ihn so, dass er gar keine Strahlen mehr aufs Object sendet. Man hat aber an allen guten zusammengesetzten Mikroskopen noch eine eigene Vorrichtung am Tisch, die dazu dient, sowohl das Licht zu vermindern, als auch es von der Seite aufs Object allein fallen zu lassen. Es besteht diese Vorrichtung aus einer mit Löchern von verschiedener Grösse durchbrochenen Scheibe, welche unter dem Tisch so angebracht ist, dass man das Licht nach Belieben durch eins der Löcher fallen lassen, oder auch ganz ausschliessen kann. Stellt man diese Scheibe, die höchst beweglich sein muss, so, dass nur an einer Seite ein Theil eines Loches auf den Ausschnitt des Tisches trifft, so hat man schief auffallendes Licht. Diese Vorrichtung ist eine fast unentbehrliche. Von einer grossen Menge von Täuschungen befreit man sich allein durch ein beständiges Wechseln der Beleuchtung. Ob man eine Höhlung oder eine Erhabenheit vor sich hat, ob ein kleiner Körper hohl oder solide ist, entscheidet sich bei aufmerksamer Betrachtung gar bald durch den Schatten, wenn man öfter die Beleuchtung wechselt. Aber auch in unzähligen andern Fällen zeigt sich die grosse Sicherheit in der Beurtheilung, die aus einem gehörigen Gebrauch der verschiedenen Beleuchtung hervorgeht.

Man hat von jeher und mit Recht grosses Gewicht auf die Regulirung der Beleuchtung beim Mikroskop gelegt, und wenn auch manche der früheren grossen Vorsichtsmaassregeln und die oft sehr complicirten Beleuchtungsapparate zum Theil in neuerer Zeit durch die wesentlichen Verbesserungen des optischen Theils des Mi-

kroskops, namentlich durch Achromatismus und Aplanatismus überflüssig geworden sind, so bleibt es doch auch jetzt noch immer ein Punkt, der grosse Aufmerksamkeit verdient und dessen Wichtigkeit von vielen mikroskopischen Beobachtern zu sehr vernachlässigt wird. Der von *Wollaston* aufgestellte Grundsatz bleibt auch noch jetzt richtig und als Leitfaden für zweckmässige Anstellung der Beobachtungen stehen, dass alles Licht, welches nicht unmittelbar zur Beleuchtung des Objects dient, nicht blos überflüssig ist, sondern geradezu der Deutlichkeit des Sehens schadet. Besonders ist hier zu empfehlen, durch einen zweckmässigen Schirm das Seitenlicht von den Augen und bei durchsichtigen Objecten durch eine hohle, inwendig geschwärzte Pappröhre, die vom Körper des Mikroskops auf den Tisch reicht, alles Seitenlicht von dem Object auszuschliessen.

5. Ich versuche nun schliesslich noch einige Andeutungen über den Gang der mikroskopischen Untersuchungen.

Der Zweck aller mikroskopischen Untersuchungen ist immer, Formen oder Processe, die ihren räumlichen Ausdehnungen nach der Art sind, dass sie sich dem blossen Auge entziehen, mittelst des Mikroskops vollständig eben so kennen zu lernen, als es uns möglich sein würde, wenn die Objecte Dimensionen besässen, wie die mit unbewaffnetem Auge uns völlig deutlich erkennbaren Körper. Unser Auge ist schon eine optische Vorrichtung, wie wir gesehen haben; das Mikroskop wiederholt fast nur dieselben Mittel und wir müssen daher zuerst und vor Allem festhalten, dass uns das Mikroskop der Qualität nach durchaus nichts Anderes geben kann, als das Auge auch. Wir müssen hier also wieder daran erinnern, dass das Auge unmittelbar nur verschieden gefärbte und erleuchtete Punkte, die sich in mathematischer Anschauung zunächst auf eine Fläche ordnen, unserm Bewusstsein überliefert, dass das Anschauen des Körperlichen, die dritte Dimension des Raumes, immer erst später durch die figürliche Construction in der productiven Einbildungskraft hinzukommt. Auf der andern Seite müssen wir aber auch festhalten, dass die Wirkungsweise des Auges, versteht sich des gesunden, eben so wie das Mikroskop auf ganz ausnahmslosen mathematischen Gesetzen beruht, dass also bei allen Beobachtungen mit dem blossen Auge wie mit dem Mikroskop nur der urtheilende Verstand sich irren kann, der gesunde Sinn und das optische Instrument aber immer Recht haben. »Draussen in der Natur ist Alles wohl bestellt, Confusion ist nur in den Köpfen der Menschen zu finden.«

Wir müssen diese Sätze vorläufig gleich anwenden, um zwei sehr gemeine Vorurtheile aus dem Wege zu räumen, deren Einfluss auf die Wissenschaft in vielfacher Hinsicht schädlich gewesen ist, weil er lange Zeit verhinderte, den Fehler da aufzusuchen, wo er lag.

Das eine Vorurtheil ist die vage Redensart, dass den mikroskopischen Untersuchungen nie recht zu trauen sei, weil das Mikroskop gar zu oft täusche. Solche Redensarten finden sich leider noch in neuester Zeit bei Männern, die eine bedeutende Autorität in den Naturwissenschaften in Anspruch nehmen. Die Abweisung des erwähnten Gemeinplatzes ist gar leicht. Das Mikroskop ist völlig unschuldig an Allem, was ihm aufgebürdet wird, aber die Voreiligkeit, die Oberflächlichkeit und selbst kann man sagen die wissenschaftliche Unredlichkeit, die in jeder zu weit gehenden Leichtfertigkeit liegt, alle diese bösen Geister, die, so lange die Welt steht, den Fortschritten des menschlichen Geistes in den Weg getreten sind, sie sind es, die auch noch heutzutage, zumal in den Naturwissenschaften und ganz besonders auch bei mikroskopischen Untersuchungen so viel Unheil angerichtet haben,

dass man allerdings Ursache hat, wenn von mikroskopischen Untersuchungen die Rede ist, auf seiner Hut zu sein, aber nicht wegen der Unwahrheit des Instrumentes, sondern wegen der Unlauterkeit der Menschen. Wie viele Leute haben Falsches mitgetheilt, weil sie die Farben der chromatischen Abweichung den Körpern beilegten, Luftblasen als Gegenstände beschrieben; daran ist aber nicht das Mikroskop Schuld, sondern die Unwissenheit und daraus entspringende Urtheilslosigkeit der Leute, die Arbeiten mit einem Instrument unternahmen, dessen Gesetze und Wirkungsweise sie nicht kannten und über Gegenstände urtheilten, bei denen sie sich mit einigem Nachdenken selbst hätten sagen können, dass ihnen jede Grundlage zum Urtheile fehle.

Das andere Vorurtheil ist dem vorigen beinahe gerade entgegengesetzt und doch findet man es oft von denselben Menschen, die das vorige vorgebracht haben, ebenfalls ausgesprochen, wenn auch in versteckter Form. Man meint nämlich, es gehöre zu einer mikroskopischen Beobachtung nicht viel mehr als ein gutes Instrument und ein Gegenstand, dann könne man nur das Auge über das Ocularglas halten, um *au fait* zu sein. *Link* in der Vorrede zu seinen phytotomischen Tafeln spricht diese grundfalsche Ansicht so aus: »Ich habe meist die Beobachtung meinem Zeichner, Herrn *Schmitt*, ganz allein überlassen und die Unbefangenheit des Beobachters, der mit allen Theorien der Botanik unbekannt ist, bürgt für die Richtigkeit der Zeichnungen.« Das Resultat dieser Verkehrtheit ist, dass *Link's* phytotomische Tafeln trotz seines berühmten Namens so unbrauchbar sind, dass man geradezu wenigstens den Anfänger, der daraus lernen will, davor dringend warnen muss, damit er sich nicht durch lauter falsche Anschauungen verwirre. *Link* hätte ebenfalls ein Kind oder einen operirten Blindgebornen um die scheinbare Entfernung des Mondes fragen und wegen ihrer Unbefangenheit das beste Urtheil erwarten dürfen. So gut wie wir mit den unbewaffneten Augen von unsern Kinderjahren an erst sehen lernen, d. h. die einzelnen uns zum Bewusstsein kommenden Momente zum Ganzen einer körperlichen Natur zusammenconstruiren müssen und selbst mit blossen Augen doch noch in unvermeidliche Täuschungen des Urtheils verfallen, z. B. bei der Grösse des aufgehenden Mondes, so müssen wir auch beim Mikroskop, welches wegen der Isolirung der Gegenstände und der daher mangelnden Vergleichung, wegen der Nothwendigkeit, das eine Auge von der Beobachtung auszuschliessen, wegen der nothwendig fast immer gleichen Lage des Gegenstandes zu unserm Auge ein unendlich schwierigeres Instrument ist, als unser Auge, erst allmälig sehen lernen. Erst nach und nach wird es uns gelingen, von dem physiologisch Gesehenen eine klare Anschauung vor der productiven Einbildungskraft festzuhalten, und so wie es uns leichter werden wird, uns in einer Nebellandschaft oder mondbeleuchteten Gegend zu orientiren, je öfter wir sie schon unter andern Beleuchtungen gesehen haben und je mehr wir mit allen ihren einzelnen Theilen genau bekannt sind, so wird auch nur der im Stande sein, brauchbare mikroskopische Beobachtungen zu machen, der nicht allein mit der betreffenden Wissenschaft im Allgemeinen, sondern auch ganz speciell mit den besondern Gegenständen, die er seiner Untersuchung unterwirft, auf das Genaueste, so weit es die bisherigen Kenntnisse zulassen, sich vertraut gemacht. Es ist die Folge von jenem Vorurtheil, dass alle mikroskopischen Entdeckungen so langsam sich Bahn brechen und so spät erst allgemein in der Wissenschaft anerkannt werden. Denn die meisten Beobachter verlangen das, was angegeben wird, gleich auf den ersten Blick zu sehen und bedenken nicht, dass oft erst viele Jahre fortgesetzte, angestrengte Untersuchungen im Stande waren, das Re-

sultat zu liefern, und dass selbst jetzt, nachdem es gefunden ist, meist noch Wochen lange Studien dazu gehören, um dem vom Meister vorgezeichneten Gange nur folgen zu können.

Wenn wir nun einestheils gestützt auf die einfachen oben mitgetheilten Bemerkungen die beiden schlimmen Vorurtheile, die dem zweckmässigen Gebrauch des Mikroskops hemmend in den Weg treten, zurückzuweisen vermögen, so können wir auch auf der andern Seite aus ihnen allein die leitenden Grundsätze für die zweckmässige Anstellung mikroskopischer Untersuchungen ableiten.

Zuerst müssen wir noch einmal die durch das Mikroskop erlangten Gesichtseindrücke mit dem Sehen des Auges vergleichen. Das Auge, wie früher bemerkt, giebt uns zunächst nur das Bewusstsein einer leuchtenden oder gefärbten Fläche. Dieser Eindruck würde von uns schwer zur Anschauung der Körperwelt erhoben werden, wenn wir, wie bei den einfachen elementaren Betrachtungen stillschweigend vorausgesetzt zu werden pflegt, nur mit Einem ruhenden Auge sähen. Aber erstlich ist unser Auge beweglich; wir können gleichsam mit dem Auge unter den Gegenständen umhergehen. Indem wir mit dem rollenden Auge über eine Anzahl von Objecten hineilen, geben diese in jedem Momente der Netzhaut ein anderes Bild und in jedem Momente fällt dies auf andere Theile der Netzhaut. Dann sehen wir nicht mit einem Auge allein, sondern mit zweien. Jedem Auge gehört gleichsam eine eigene Weltanschauung von einem andern Standpunkte aus, die Gewohnheit combinirt aber beide Bilder, die sich mathematisch nie ganz decken können, zu einem mittleren. Nur wenn die beiden Bilder ganz ungewohnte Stellen der Netzhaut treffen, kommen uns die Bilder gesondert zum Bewusstsein, gerade so wie wir eine kleine Kugel doppelt fühlen, wenn wir sie gleichzeitig mit den äusseren Seiten zweier Finger berühren. Wir sehen ferner mit beiden bewegten Augen, wodurch die Zahl der auf einen Gegenstand bezüglichen anschaulichen Elemente noch vermehrt wird. Endlich ist es uns möglich, uns selbst oder die Gegenstände zu bewegen und dadurch von einem und demselben Gegenstand ganz verschiedenartige Anschauungen zu gewinnen. So erhalten wir denn eine ziemlich breite Basis, auf welcher wir mit grossem Vertrauen die figürliche Construction der Objecte vornehmen können. Uebung macht freilich auch hier den Meister, und wir bemerken einen grossen Unterschied zwischen einem Gelehrten, der den grössten Theil seines Lebens auf der Stube zugebracht, und dem Jäger oder noch mehr dem Wilden, der sich von Jugend auf in der anschaulichen Auffassung der Natur übte.

Aber fast alle diese verschiedenen Beziehungen fallen bei dem Mikroskop weg. Wir sehen bei demselben immer nur mit Einem, meist auch ruhenden Auge und immer in einer unveränderlich gegebenen Stellung zum Object, und was ebenfalls wohl ins Auge zu fassen ist, wir sehen das Object stets für unsere Anschauung isolirt und können daher auch nicht einmal durch Vergleichung mit gleichzeitigen Gesichtseindrücken uns über den Gegenstand Aufschluss verschaffen.

Endlich haben unsere Augen ein gewisses in nicht allzu enge Grenzen eingeschlossenes Accomodationsvermögen für verschiedene Entfernungen, wir können Gegenstände, die ungleich weit von unserm Auge abstehen, doch gleich deutlich sehen und können die Gesichtseindrücke so schnell hinter einander und mit so stetigem Durchlaufen aller dazwischenliegenden Punkte uns verschaffen, dass es uns unendlich leicht wird, alle diese Eindrücke zu combiniren. Auch dieses fällt beim Mikroskop grösstentheils weg, indem wir besonders bei stärkeren Vergrösserungen (und um so genauer, je schöner das Mikroskop gearbeitet ist) eine mathematische

Fläche sehen. Zumal beim zusammengesetzten Mikroskop, wo wir keinen wirklichen Gegenstand, sondern nur ein Bild betrachten, ist eigentlich auch augenblicklich gar kein anderes Gesichtsobject vorhanden, als diese mathematische Fläche, und um zu sehen, was über oder unter dieser mathematischen Fläche (gleichsam einer idealen Durchschnittsfläche des zu betrachtenden Gegenstandes) liegt, hilft uns das Accomodationsvermögen unseres Auges nichts, sondern wir müssen geradezu das eine Gesichtsobject vernichten und ein anderes an seine Stelle setzen. Es ist leicht einzusehen, wie unendlich dies die Combination der einzelnen Eindrücke zu einem körperlichen Ganzen erschweren muss.

Fassen wir diese Bemerkungen zusammen, so ergiebt sich uns daraus als Resultat einmal der Unterschied zwischen dem Sehen mit unbewaffnetem Auge und mit dem Mikroskop, und zweitens der leitende Grundsatz, von dem geführt wir die Regeln zur zweckmässigen Anstellung der mikroskopischen Untersuchung zu suchen haben. Nämlich erstens: Die anschauliche Kenntniss der Körperwelt entsteht uns in figürlicher Construction vor der mathematischen Anschauung, wozu uns das Auge als Gesichtssinn nur einzelne Elemente liefert, während wir die übrigen von den andern Sinnen empfangen; bei mikroskopischen Gegenständen fällt die Auffassung durch die andern Sinne ganz weg und die vom Auge gelieferten Elemente werden bei mikroskopischer Betrachtung noch zerlegt, die einzelnen Theile isolirt und dazu unter Umständen dargeboten, die ihre Combination unendlich erschweren. Zweitens: Um diesen Nachtheilen zu entgehen und die Resultate mikroskopischer Forschungen gegen Täuschungen der productiven Einbildungskraft (dem Vermögen der mathematischen Anschauung) sicherzustellen, müssen wir die Zahl der Elemente so zu vermehren suchen, dass wir dadurch eine möglichst vollständige und sichere Grundlage für die figürliche Construction gewinnen.

Es zerfällt diese Aufgabe in die, eine möglichst vielseitige Auffassung desselben Gegenstandes möglich zu machen und alles nicht zum actuellen Gegenstande der Beobachtung Gehörige zu eliminiren. Für den letztern Theil der Aufgabe sorgen zum Theil Verbesserungen des Instruments, indem sie Formveränderungen und Farbenerscheinungen (die auf der sphärischen und chromatischen Abweichung beruhen) fortschaffen. Was diese beiden Punkte betrifft, die mehr den Optiker als den Beobachter angehen, so ist das Erforderliche darüber oben schon erwähnt und die Sache des Beobachters ist es nur, sich ein möglichst vollkommenes Instrument anzuschaffen. Es giebt aber noch manche andere optische Erscheinungen, deren sich der Beobachter als solcher bewusst werden muss, die, obwohl in der That dem Bilde angehörend, doch nicht dem Object, welches man beobachten will, zukommen, die man daher kennen muss, um ihren Antheil an unserer Vorstellung über die Natur des Objects fortschaffen zu können. Hierher gehören manche Farbenerscheinungen, die nicht durch die chromatische Abweichung hervorgerufen werden. Namentlich kommen Beugungsphänomene nicht selten beim Mikroskop vor. Wenn man z. B. ganz kleine Löcher, etwa Poren der Zellenwände, betrachtet und das Object nicht ganz haarscharf in der richtigen Entfernung vom Objectiv liegt, so erscheint die innere Fläche gefärbt und je nach der Grösse des Porus oder der Entfernung vom Focus gelblich, röthlich oder grünlich. Aehnliches tritt bei der Beobachtung sehr kleiner Kügelchen oder anderer fester Körper ein, bei denen sich unter gleichen Umständen ein zarter farbiger Saum zeigt. Beide Erscheinungen verschwinden aber, wenn man das Object genau in die richtige Focalweite bringt. Ueberall daher, wo solche kleine Theilchen selbst in dem Centrum des Sehfeldes, wo natürlich voll-

kommener Achromatismus stattfindet, noch Farben zeigen, muss man stets durch das genaueste Einstellen versuchen, die Farbenerscheinungen zu entfernen; erst wenn dies bei aller angewendeten Sorgfalt nicht möglich ist, darf man mit vieler Wahrscheinlichkeit die Farben dem Gegenstande selbst zuschreiben. Ein Beispiel hierfür liefert die Behauptung einiger Beobachter, dass der innere Kreis der Poren bei den Coniferenzellen (der eigentliche Porus) zuweilen grün gefärbt erscheine.

Ferner gehören hierher gewisse Formenveränderungen, die ebenfalls durch mangelhafte Einstellung des Objects in die richtige Focalweite veranlasst werden; so erscheinen Linien doppelt oder mit einer gewissen Breite, die bei genauer Einstellung sich einfach oder als scharfe Linien ohne alle scheinbare Breite darstellen. Wahrscheinlich ist es eine Diffractionserscheinung, doch scheint die Erklärung hier noch zweifelhaft zu sein. Auch hier findet man bald, dass weder die scheinbare Breite, noch die Duplicität der Linien dem Object selbst zukomme, wenn bei irgend einer Einstellung, bei völliger Deutlichkeit des Bildes die angegebenen Erscheinungen verschwinden. Ich will hier an ein Beispiel für diese optischen Täuschungen erinnern, welches bei *Mirbel* in seiner Abhandlung: »*Nouvelles notes sur le cambium*« (*Archives du Muséum d'hist. nat.* 1839 *p.* 303 *sqq.*) sich findet. Er erwähnt daselbst (S. 306. Tafel XXI. Fig. 3 u. Fig. 6) Zellen, deren Wände auf einem Querschnitt mit Querstreifen bezeichnet erscheinen, welche aber bei Betrachtung eines Längenschnittes verschwinden und dagegen Längsstreifen Platz machen. Ich habe diese Erscheinung oft beobachtet und muss sie bestimmt für eine optische Täuschung erklären. *Mirbel* ist auf den angeführten Tafeln etwas zu freigebig mit den Streifen gewesen, man sieht nämlich nie mehr wie vier, nämlich die obere und untere Schnittfläche der Zelle und zwei Linien. Dass es eine optische Täuschung sei, geht daraus hervor, dass man nie durch Veränderung des Focus es dahin bringen kann, dass man nur zwei dieser Linien sieht. Entweder erscheinen alle vier, oder nur die obere, oder die untere Schnittfläche. Ich finde nicht, dass schon Jemand auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, noch weniger eine Erklärung gegeben hätte.

Es ist zwar gewiss, dass überall nur dann das Object in der richtigen Focalweite liegt, wenn sein Bild am deutlichsten und schärfsten gezeichnet erscheint. Allein die Differenzen in der Deutlichkeit und Schärfe sind so zart, dass sie oft kaum dem allergeübtesten Auge bemerklich werden. Besser lässt sich daher die Regel so aussprechen, dass der richtige Focalabstand gefunden ist, wenn das Bild am kleinsten erscheint und die Dimensionen aller Theile und aller Linien und Punkte, aus welchen es zusammengesetzt ist, die geringsten Grössen zeigen. Man wird immer finden, dass dann auch die grösste Schärfe und Deutlichkeit vorhanden ist, da jede Linie, jeder Punkt auch um so dunkler erscheinen, je kleiner, je schmäler sie sind. Es kommen wahrscheinlich noch viele solcher Verhältnisse vor, die unser Urtheil über mikroskopische Gegenstände befangen machen, indess sind mir bis jetzt keine weiter bei meinen Untersuchungen zum Bewusstsein gekommen. In den Schriften der Physiker findet man leider gar keinen Aufschluss, weil keiner sich bis jetzt mit der Theorie der mikroskopischen Beobachtung beschäftigt hat.

Es gehört aber zu dieser unserer Aufgabe, nämlich uns in den Stand zu setzen, alles nicht wirklich dem eigentlichen Gegenstande unserer Beobachtung Angehörige ausscheiden zu können, noch eine andere Vorbereitung, als die Kenntniss der optischen Thatsachen, die soeben erwähnt wurden. Diese gehören allerdings nur dem Bilde an, welches die Objectivlinse von dem Gegenstande im Diaphragma entwirft,

und kommen also auch nur beim zusammengesetzten Mikroskope vor. Es giebt aber noch eine grosse Menge von Erscheinungen, die zwar wirklichen Gegenständen auf dem Objectträger entsprechen, aber doch nicht dem eigentlichen Gegenstande unserer Beobachtung angehören. Diese kommen auch beim Gebrauche des einfachen Mikroskops in Betracht. Mit diesen Erscheinungen muss man durchaus bekannt sein, ehe man sich mit Hoffnung auf Erfolg an eine mikroskopische Untersuchung machen kann. Vollständig würde die hier zu machende Anforderung freilich so lauten müssen, dass man, ehe man an Untersuchung eines neuen Gegenstandes geht, vorher alle bereits untersuchten Gegenstände aus eigener Anschauung kennen gelernt habe. Indess bedarf es nur einer flüchtigen Erinnerung an die bereits durch das Mikroskop gewonnenen Resultate, um die Unmöglichkeit einzusehen, einer solchen Anforderung jemals genügen zu können. Wir müssen hier also unsere Ansprüche beschränken und statt jener allzu umfassenden Forderung zwei andere ausführbare, aber auch dann ganz unerlässliche Aufgaben stellen. Die erste ist die, sich mit den ganz allgemeinen bei jeder Untersuchung möglicher Weise vorkommenden Erscheinungen bekannt zu machen, ehe man überhaupt das Mikroskop zu eigenen Untersuchungen benutzt; und zweitens Alles, was über den speciellen Gegenstand der jeweiligen Untersuchung schon bekannt ist, vorher genauer zu studiren. Wir können hier freilich fast nur beispielsweise auf Folgendes aufmerksam machen. Gegenstand mikroskopischer Untersuchungen sind entweder Formen oder Processe.

A. Was die ersteren betrifft, so haben wir zweierlei ins Auge zu fassen.

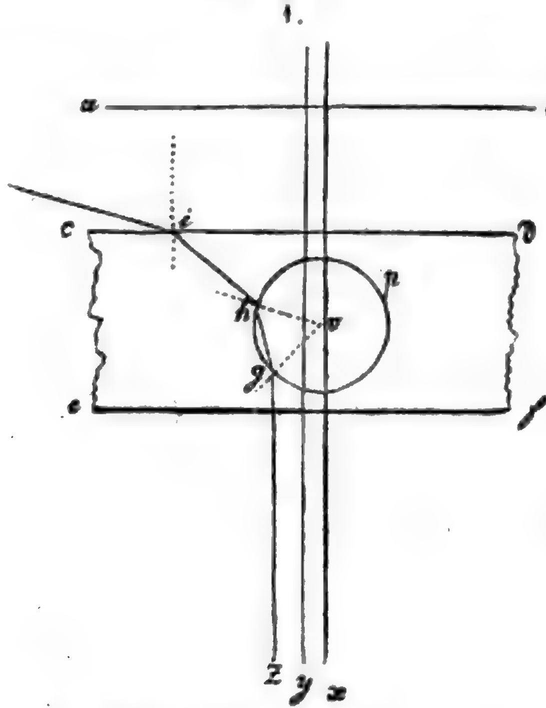
a. Wirkliche Formen, die so allgemein verbreitet sind, dass sie sich in jede Untersuchung einmischen und ihre Resultate trüben können.

Hierher gehört hauptsächlich Alles, was man als Staub im gemeinen Leben unter einem Namen zusammenfasst, also kleine Fäserchen von vegetabilischen oder thierischen Geweben, oder kleine Körnchen unorganischer Substanzen.

Da die meisten Objecte, wenigstens alle transparenten, mit Wasser befeuchtet werden, so gehören hierher auch die gewöhnlicher vorkommenden Infusionsthiere, die man ohne höchst weitläufige Vorarbeiten, z. B. Abkochen und luftdichtes Verschliessen des Wassers, nie ganz ausschliessen kann. Diese Gegenstände muss man zum öftern genau unter verschiedenen Vergrösserungen und verschiedenen Verhältnissen beobachten, damit, wenn sie sich in die Untersuchung einmischen, wir mit ihnen vertraut sind und sie als bekanntermaassen unwesentliche Objecte selbst unsere Aufmerksamkeit nicht einmal mehr in dem Grade erregen, dass sie uns in der Anschauung zum Bewusstsein kommen.

b. Scheinbare Formen von Stoffen, die an sich formlos sind, aber unter gewissen Umständen regelmässig begrenzt erscheinen. Hierher gehören insbesondere Gasarten, die mechanisch in Flüssigkeiten vertheilt sind, oder mechanische Gemenge zweier sich nicht mischender oder auflösender Flüssigkeiten, z. B. Bläschen atmosphärischer Luft in Wasser und Oel, Oeltröpfchen in Wasser oder Gummi. Besonders haben die Luftbläschen fast bis auf den heutigen Tag eine grosse Rolle bei den mikroskopischen Verirrungen gespielt. Sie erscheinen unter dem Mikroskop in einer Flüssigkeit immer als sphärische Körper mit einem fast pechschwarzen breiten Rande und einem ganz kleinen, lichten, runden Centrum. Bei genauer Aufmerksamkeit erkennt man auf dem schwarzen Rande an der dem Lichte zugewendeten Seite Spiegelbilder von Gegenständen, die in der Nähe sind, z. B. Fensterkreuz u. s. w. Die Erklärung dieser Erscheinung ist leicht. Parallel von unten auffallende

Strahlen (vergl. Fig. 1.) erleiden mit Ausnahme der Centralstrahlen beim Uebergang



aus dem dichteren Medium in die Luft eine Brechung, welche sie vom Axenstrahl bedeutend ablenkt, sie treffen also früher als sonst die Peripherie der Luftkugel und erleiden beim Austritt abermals eine Brechung, wodurch sie vom Axenstrahl so weit divergirend werden, dass sie gar nicht ins Objectiv, also auch nicht ins Auge gelangen können. Aehnlich ist es bei aller in Flüssigkeit eingeschlossenen Luft. Noch heutzutage ist die Luft der Stein des Anstosses. Wir finden weitläufige Erörterungen über dunkle Materie, die in den Hautdrüsen abgesetzt sein soll, und Theorien, die darauf gebaut sind, und wenn wir genau zusehen, ists nur die in der Spaltöffnung eingeschlossene Luft, die den Beobachter geneckt. Nun giebt es zwar Mittel genug, um sich zu überzeugen, dass man nur Luft vor sich hat, z. B. Wasser, welches die Luft bald einsaugt, Aetzkali, Alkohol, Terpentinöl u. s. w., von einem gewandten Beobachter muss man aber verlangen, dass er schon durch den blossen Anblick Luft von fester Substanz unterscheiden könne. Auch als dunkler Saft in den Intercellulargängen ist die darin enthaltene Luft beschrieben worden. Dagegen hat man Luft gesucht, wo nie welche zu finden. Noch in sehr vielen Handbüchern heisst es, die Oberhautzellen enthalten Luft. Ein Blick durchs Mikroskop und einige Elementarkenntnisse der Optik genügen, um zu zeigen, dass bei keiner gesunden lebenden Pflanze in den Oberhautzellen etwas Anderes als eine Flüssigkeit enthalten ist, die mit dem Wasser fast gleiches Brechungsvermögen hat. Aber dergleichen Dinge werden hingeschrieben und wieder abgeschrieben, und kein Mensch denkt daran, nach der Richtigkeit und Begründung zu fragen.

Ganz ähnlich erscheinen Oeltröpfchen unter dem Mikroskop, nur mit dem Unterschied, dass der schwarze Rand beim Oel ganz schmal ist, weil der Unterschied der Brechungsexponenten zwischen Luft und Wasser grösser ist, als der zwischen Oel und Wasser, und daher eine grössere Menge von Strahlen beim Luftbläschen für die Beobachtung durch die Brechung verloren gehen. Die Erklärung ist hier dieselbe wie bei der Luft, nur dass die Strahlen wegen des grösseren Brechungsvermögens des Oels gerade den entgegengesetzten Weg nehmen.

Auch andere dickflüssige Substanzen, z. B. Schleime, nehmen in Flüssigkeiten,

1. *a b* sei das Objectiv des Mikroskops, *c d e f* eine Wasserschicht, in welcher *g h p* eine Luftblase. Der Lichtstrahl *x* geht durch die senkrechte Axe der Luftblase also ungebrochen durch, nahebei ebenso die nächsten Strahlen z. B. *y*. Die entfernteren dagegen, z. B. *z*, treffen schief auf die Tangentialebene von *g*, werden also gebrochen und, da sie aus einem dichteren Medium in ein dünneres, aus Wasser in Luft, übergehen, vom Einfallsloth *v g* abwärts, sie machen also den Weg *g h*. Bei *h* werden sie abermals gebrochen, hier aber natürlich zu dem Einfallsloth *v h*, sie machen also den Weg *h i* und hier werden sie nochmals abgelenkt, so dass von allen Strahlen, die nicht durch die Axe der Luftblase oder dicht daneben durchgehen, keiner das Objectiv und also auch nicht das Auge erreicht. Eine Luftblase muss daher mit breitem schwarzen, d. h. lichtlosem Rand und einem hellen Kern erscheinen. Leicht wendet sich diese Construction analog auf andere Fälle von eingeschlossener Luft an.

mit denen sie sich weder mischen, noch in welchen sie sich auflösen, verschiedene Formen an, die meistentheils von ihrer Adhäsion an andere Gegenstände, z. B. an den Objectträger bedingt sind und dann faden- oder membranenartig sind; dagegen wenn sie mehr isolirt ihrer eigenen Cohäsion überlassen sind, der Kugelform sich annähern.

B. Auf ähnliche Weise giebt es aber auch allgemein verbreitete Processe, mit denen man bekannt sein muss, um sich in vorkommenden Fällen nicht durch dieselben täuschen zu lassen. Zuerst gehören hierher gewisse Bewegungen.

a. *Rob. Brown*, der geniale englische Botaniker, machte zuerst die wichtige Entdeckung, dass alle Stoffe, organische und unorganische, wenn sie in hinreichend kleinen Körnchen in einer Flüssigkeit suspendirt sind, in einer beständig zitternden oder wimmelnden Bewegung sich befinden, ähnlich einem Monadenhaufen, den man bei schwacher Vergrösserung ansieht. Die Bewegung ist sehr schwer zu charakterisiren und man kann sie nur durch öftere Beobachtung scharf auffassen und von andern ähnlichen Bewegungen unterscheiden lernen. Sie ist besonders häufig in Pflanzentheilen, z. B. an dem feinkörnigen Inhalt der Pollenzellen, beobachtet worden und hier für etwas Besonderes, eigenthümlich Lebendiges ausgegeben, was sie doch gar nicht ist. Ueber den Grund dieser Bewegungen wissen wir noch gar nichts. Aber wahrscheinlich sind kleine elektrische Spannungen und Ausgleichungen die Ursache.

b. Eine andere Bewegung, die man oft zu beobachten Gelegenheit hat, ist diejenige, welche entsteht, wenn sich zwei sehr verschiedenartige Flüssigkeiten, die eine bedeutende Verwandtschaft zu einander haben, z. B. Wasser und Alkohol oder Wasser und Jodlösung, mit einander mischen. Dabei findet gewöhnlich ein lebhaftes Strömen oft in ganz entgegengesetzten Richtungen statt.

c. Ein dritter Fall ist der, wenn Flüssigkeiten rasch verdunsten. Dabei findet meist ein doppelter Strom statt, nämlich ein oberer vom Rande nach dem Mittelpunkte des Tropfens und ein unterer vom Mittelpunkt nach dem Rande zu.

d. Ferner sind zwei Vorgänge noch zu beachten, die vielfach zu Täuschungen Veranlassung geben; das eine ist die Auflösung. Da wir die meisten Gegenstände in eine Flüssigkeit getaucht beobachten, so kann es nicht fehlen, dass dieselbe für manche Objecte ein Auflösungsmittel ist. Die dadurch hervorgerufenen Bewegungen und Formenveränderungen müssen wir ebenfalls für das, was sie sind, zu erkennen im Stande sein. Das andere ist die Coagulirung, welche ebenfalls durch die Einwirkung der umhüllenden Flüssigkeit auf die zu untersuchenden Stoffe hervorgerufen wird. In dieser Beziehung muss man ganz besonders bei Untersuchung organischer Körper äusserst vorsichtig sein, indem durch solches Coaguliren oft scheinbare Bildungen hervorgerufen werden, von denen die Natur nichts weiss. Die Hauptregel ist hier die, immer organische Gegenstände so frisch als möglich zu untersuchen, und das Bild, welches sich beim ersten Anblick zeigt, unbedingt allen andern vorzuziehen und als Norm anzusehen, sobald man sich durch öftere Wiederholung der Beobachtung überzeugt hat, dass man beim ersten Blick richtig auffasste. *Meyen* hat häufig solche Coagulirungen des Schleims und anderer Stoffe als Formen (Zellen) beschrieben und abgebildet, z. B. Physiologie III. Taf. X. Fig. 6. Eben so *Mirbel sur le cambium etc.* Taf. XX. Fig. 2 *s*.

Endlich müssen wir hier noch die zweite oben erwähnte Aufgabe, welche wir der exorbitanten allgemeinen Anforderung substituirten, hervorheben, nämlich dass der mikroskopische Beobachter, so wie er sich zu irgend einer Untersuchung an-

schickt, sich erst aufs allergenaueste mit Allem bekannt mache, was über den bestimmten Gegenstand seiner Untersuchung bereits beobachtet und bekannt geworden ist.

Wir kommen nun, um mich eines medicinischen Ausdrucks zu bedienen, zu der zweiten Indication, nämlich zur möglichst vielseitigen Auffassung eines und desselben Gegenstandes. Hierbei müssen wir vorläufig uns überhaupt mit der Zubereitung eines Objects zu mikroskopischen Beobachtungen beschäftigen und dann zusehen, wie wir dem gehörig zubereiteten Object möglichst viele Seiten abgewinnen, um aus allen einzelnen Anschauungen durch Vereinigung ein klares Bild zu construiren. Bei der Beobachtung opaker Objecte hat die Sache am wenigsten Schwierigkeiten, da man hier den Gegenstand nur auf irgend eine beliebige Weise im Focus des Objectivglases oder der einfachen Linse befestigt. Man legt ihn einfach in der passenden Lage auf ein Glastäfelchen und dieses dann auf den Tisch des Mikroskops. Oder man fasst ihn zwischen die kleine Zange, die gewöhnlich jedem Mikroskop beigegeben wird, wodurch man den Vortheil erlangt, ihn unterm Mikroskop umdrehen und von allen Seiten betrachten zu können.

Schwieriger dagegen wird die Sache beim Beobachten transparenter Objecte, die doch meistentheils der Gegenstand genauerer wissenschaftlicher Untersuchungen sind. Selten ist hier der Gegenstand schon an sich so durchsichtig, dass man ihn unvorbereitet unter das Mikroskop bringen könnte. Oft hilft hier aber schon das Befeuchten mit Wasser, oder mit einer andern Flüssigkeit, z. B. Baumöl, ätherischem Oele, canadischem Balsam u. s. w. Meist wird man gezwungen sein, von dem Gegenstand zarte Abschnitte zu verfertigen, die, wenn sie dünn genug sind, immer auch die gehörige Transparenz haben, da es namentlich unter den organischen Körpern, und auf diese kommt es doch hier vorzüglich an, gar keinen völlig undurchsichtigen Körper giebt. Für die Anfertigung solcher dünnen Schnitte hat man ein Instrument erfunden, welches indess nur für sehr wenige botanische Gegenstände sich eignet und auch bei diesen nur Unvollkommenes leistet*. Es bleibt hier nichts übrig, als sich durch Uebung die nöthige Geschicklichkeit zu erwerben, um aus freier Hand gehörig feine Schnitte machen zu können. Man bediente sich früher dazu ganz allgemein der anatomischen Scalpelle, später wurden ganz dünne zweischneidige Klingen in der Art der Impfmesser empfohlen. Ich habe gefunden, dass ein gutes Rasirmesser mit gehörig schwerer Klinge das beste Instrument ist, da es sich am sichersten führen lässt; man schneidet damit entweder aus freier Hand, oder indem man das Object zwischen Daumen und Zeigefinger einklemmt und dann mit dem Messer zwischen beiden durchschneidet. Auf diese Weise erhält man von sehr kleinen Gegenständen leicht einen sie genau halbirenden Durchschnitt; man nimmt dann eine Hälfte auf dieselbe Weise zwischen die Finger und schneidet auf gleiche Weise eine dünne Platte von der Schnittfläche ab. Bei sehr zarten und dünnen Objecten, z. B. Haaren, Moosblättern u. s. w., klebt man den Gegenstand mit etwas Oel oder Speichel auf den Daumennagel, setzt die Schneide des Rasirmessers quer auf und macht damit die Bewegung des Schaukelpferdes, indem man zugleich leise gegen die Daumenwurzel vorrückt; so erhält man leicht eine Menge dünner Abschnitte, von denen immer einige völlig brauchbar sind. Eine andere Methode, um von zarten Gegenständen, besonders von flachen, wie Blättern und dergleichen, feine Querschnitte zu erhalten, besteht darin, dass man sie zwischen

* Vergl. *Valentin*. Repertor. Bd. IV. (1839). S. 30.

die Hälften eines ausgesucht schönen, der Länge nach gespaltenen Korkes legt, den man durch einen darum gelegten, hölzernen oder messingenen Ring zusammenhält. Man erhält dann leicht feine Querschnitte vom Kork und dem dazwischen gelegten Gegenstand zugleich. Eine schlimme Schwierigkeit, die hier zu überwinden ist, liegt in der Weichheit des Gegenstandes, die dem Messer so wenig Widerstand entgegensetzt, dass auch die schärfste Klinge mehr zerreisst und quetscht, als schneidet. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, habe ich eine Methode ersonnen und oft mit grossem Vortheil angewendet, und namentlich ist sie von mehreren meiner Freunde mit Glück bei der Untersuchung thierischer Substanzen benutzt worden. Man bereitet nämlich von möglichst reinem und farblosem, arabischen Gummi eine sehr concentrirte Auflösung, weicht den zu untersuchenden Gegenstand darin ein und lässt ihn ganz davon durchdringen; dann befestigt man ihn leicht auf einem Brettchen und lässt ihn so völlig austrocknen, indem man noch einigemale etwas Gummilösung darauf giesst. Noch ehe er so trocken ist, dass das Gummi seine glasartige Sprödigkeit wieder angenommen hat, macht man dann von dem Object die erforderlichen zarten Schnitte, die man dann auf einem Glasplättchen mit etwas Wasser befeuchtet; dabei zieht das Gummi Wasser an, und der Gegenstand nimmt fast ganz vollkommen seine frühere Gestalt wieder an.

Bei den allergenauesten Untersuchungen reicht aber ein solches Präpariren aus freier Hand nicht mehr aus. Auch ist es bei vielen Gegenständen gar nicht um Durchschnittsansichten zu thun, sondern um eine Zerlegung des Gegenstandes in die einzelnen Theile, aus denen er organisch zusammengesetzt ist. Hier müssen wir dann schon das Mikroskop zu Hülfe nehmen, um den Gegenstand gehörig zu präpariren. Man bedient sich zu dem Ende am zweckmässigsten des einfachen Mikroskops, welches, besonders wenn man *Wollaston*'sche Doppellinsen anwendet, noch selbst bei 100maliger Vergrösserung Spielraum genug zwischen Object und Linse gewährt, um mit sehr zarten Instrumenten arbeiten zu können. Das Compositum hat hier einmal den grossen Nachtheil, dass es umkehrt, also eine sehr schwierige Uebung zu entgegengesetzter Bewegung verlangt, und zweitens dass man von den arbeitenden Händen zu weit entfernt ist, was der Sicherheit der Bewegung so sehr Abbruch thut, dass kaum etwas mehr, als ein Zerreissen oder Zerquetschen des Gegenstandes auf gut Glück möglich ist. Das grösste Hinderniss beim Präpariren unter dem Mikroskop sind aber die Instrumente. Natürlich werden diese eben so sehr wie der Gegenstand vergrössert und da findet man bald die Grenze, wo keine Spitze mehr fein genug ist, um noch mit Schärfe die Theile des Objects trennen zu können. Man bedient sich am besten dazu abgenutzter Staarnadeln, die man sich auf einem feinen Schleifsteine selbst anschleift und dann die Schneide und Spitze unter dem Mikroskop betrachtet, oder zu ganz feinen Operationen auf passende Weise gefasster englischer Nähnadeln, die man auf dieselbe Weise sich fein anschleift. Die andere Schwierigkeit ist leichter zu überwinden, dass nämlich die Hand nicht an so zarte Bewegungen gewöhnt ist, wie sie schon bei 50—60maliger Vergrösserung nöthig werden; hier überwindet einige Uebung bald die Hindernisse.

Nach dieser Vorbetrachtung wende ich mich zu den Methoden, wodurch wir den zu betrachtenden Gegenstand in möglichst verschiedene Verhältnisse bringen, um dadurch die Zahl der Anschauungen zu vergrössern. Man kann hier die optischen, mechanischen, chemischen und physikalischen Hülfsmittel unterscheiden. Man könnte sie im Allgemeinen mikroskopische Reagentien nennen.

a. Die optischen.

Zuerst ist hier zu bemerken, dass man sich nie darauf beschränken sollte, einen Gegenstand, den man genau kennen lernen will, nur mit einer Vergrösserung zu beobachten. Es ist immer rathsam, von den schwächern Vergrösserungen anzufangen und so allmälig zu den stärkeren fortzuschreiten. Schon deshalb ist dies Verfahren zweckmässig, weil sich bei den stärkern Vergrösserungen nothwendig auch verhältnissmässig das Gesichtsfeld verkleinert, und es doch zum Verständniss stets nothwendig ist, eine klare Anschauung aller einzelnen Theile in ihrem Zusammenhange zu haben. Besonders vortheilhaft ist auch das Beobachten desselben Gegenstandes mit Instrumenten verschiedener Meister.

Zweitens gehört hierher der Wechsel der Beleuchtung, wovon schon oben genügend geredet ist.

Drittens ist es oft von Nutzen, einen Gegenstand in gefärbtem, oder noch besser in monochromatischem Lichte zu betrachten; man erreicht dies dadurch, dass man entweder zum Objectträger gefärbtes Glas wählt, oder dass man zur Beleuchtung eine Spirituslampe anwendet, deren Docht man vorher mit Kochsalz getränkt, oder bei der man den Spiritus möglichst verdünnt hat; beides giebt nach *Brewster* ganz homogenes gelbes Licht.

Viertens endlich ist es in manchen Fällen zweckmässig, den Gegenstand in polarisirtem Lichte zu betrachten, zu welchem Ende man einen Krystall, der dazu geeignet und zweckmässig geschliffen ist, unter dem Tisch des Mikroskops befestigt. Hierüber muss man sich jedoch mit einem Techniker verständigen; ich überhebe mich daher weiterer Bemerkungen *.

b. Mechanische.

In vieler Hinsicht vortheilhaft ist es zu sehen, wie sich ein Gegenstand bei Anwendung des Druckes verändert. Früher hatte man zu diesem Zwecke den sogenannten Pressschieber. Dabei hatte man aber den Nachtheil, dass man nur das Resultat, nicht aber die allmälige Wirkung des Druckes beobachten konnte. In neuerer Zeit bedient man sich statt dessen des nach seinem Erfinder benannten *Purkinje*'schen mikrotomischen Quetschers, auch wohl in der von *Schiek* verbesserten Form. Hierbei kann man die allmälige Wirkung des Druckes sehr bequem unter dem Mikroskop betrachten. Dies Instrument ist von *Purkinje* überschätzt, von *Meyen* mit Unrecht ganz verworfen worden. Er ist vielleicht das einzige Mittel, um ein kleines Kügelchen von einem Bläschen zu unterscheiden, welche letztere eine Zeitlang, ohne zu existiren, eine grosse Rolle in den botanischen Handbüchern spielten.

c. Chemische.

Im höchsten Grade wichtig sind für die Bestimmung unseres Urtheils die verschiedenen Erscheinungen, die ein Körper bei Anwendung chemischer Reagentien gewährt. Auch kommt es gar häufig vor, Stoffe ihrer chemischen Natur nach bestimmen zu müssen, die in Organismen in geringer Menge eingeschlossen sich nicht mechanisch von denselben so trennen lassen, dass man eine chemische Analyse damit anstellen könnte.

* Vergl. *Chevalier des microsc. et de leur usage*, p. 125—128.

Hier bleibt denn nichts übrig, als unter dem Mikroskop selbst die Agentien einwirken zu lassen*. Die vorzüglichsten derselben sind:

1. Jodtinctur. Besonders für das Sichtbarmachen sehr durchsichtiger Objecte und die Bestimmung vegetabilischer Stoffe brauchbar.

2. Schwefelsäure zur Zerstörung gewisser Theile und besonders in Verbindung mit Jod, zur Erkennung des Zellstoffs und zur Verdeutlichung der Structurverhältnisse der aus Zellstoff gebildeten Theile**.

3. Fettes Oel, am besten Mandelöl. Aetherisches Oel (Spiköl), Alkohol und Aether, und canadischer Balsam, um Gegenstände durchsichtig zu machen, Fett- und Harzarten aufzulösen, die Stoffe zum Gerinnen zu bringen, z. B. Eiweiss.

4. Zuckerwasser, Gummilösung und Eiweiss, um die Endosmose und die dadurch bewirkten Formänderungen zu verhüten.

5. Aetzkalilösung zum Zerstören gewisser Theile.

6. Essigsäure, Salpetersäure, Salzsäure zum Auflösen mancher Stoffe.

Bei achromatischen Mikroskopen hat man die letzten unter Nr. 6 genannten Reagentien möglichst zu vermeiden und jedenfalls das Object mit einem Glasplättchen zu bedecken, da die verdunstenden Säuren gar leicht das sehr empfindliche Flintglas angreifen. Am aller empfindlichsten ist das Flintglas gegen Schwefelwasserstoffgas und Räume, in welchen dasselbe sich entwickelt, muss man mit seinem Mikroskop auf's sorgfältigste vermeiden.

d. Physikalische.

Hin und wieder kann es vorkommen, dass es von Interesse ist, die Wirkung namentlich der Wärme und Elektricität auf gewisse Objecte unter dem Mikroskop zu beobachten. Man hat dazu eigene Vorrichtungen nöthig. Für die Anwendung der Wärme bedarf man sehr gut abgekühlter Glasplatten, die man an einem Ende mittels einer kleinen Spirituslampe erwärmen kann, ohne dass sie springen, oder sehr dünne am besten aus einer Kugel ausgesprengte Glasplättchen, die man locker in eine messingene Fassung legt und diese dann erwärmt. Für Beobachtung der elektrischen Wirkung hat man einen eigenen kleinen Objecttisch, an dessen beiden Seiten zwei kleine Gabeln bewegliche Stückchen einer Glasröhre tragen, durch welche Drähte gehen, die mit dem einen Ende auf den Objectträger reichen, am andern Ende ein Häkchen haben, um die Leitungsdrähte anzuhängen.

In allen diesen Beziehungen empfehle ich ein ganz für die praktische Behandlung des Mikroskops bestimmtes Büchlein, nämlich *Schacht:* Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops. Berlin 1851.

Bei Anwendung aller der genannten Hülfsmittel und Beachtung der mitgetheilten Warnungen und Winke wird man im Stande sein, manche Irrthümer zu vermeiden, die nur zu häufig noch jetzt in botanischen Werken vorkommen. Aber bei alle dem muss ich doch noch die Hauptregel wiederholen, wer mit Glück beobachten will, muss viel und mit angestrengter Aufmerksamkeit beobachten, damit er allmälig sehen lerne, denn Sehen ist eine schwere Kunst.

---

* Vergl. Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops u. s. w. von Dr. *J. Vogel.* Leipzig 1841.

** Vergl. unten den Artikel »Zellstoff« in § 9.

6. Beobachtung und Experiment sind die beiden Mittel, durch welche wir uns der Thatsachen bemächtigen. Für die Beobachtung ist so eben das Nöthige gesagt, für das Experiment dagegen lassen sich weniger allgemeine Vorschriften geben, weil jedes nach dem speciellen Fall sich verschieden modificirt. Auch ist im Allgemeinen das erfolgreiche Beobachten mehr von redlichem und lauterem Wahrheitsgefühl und von Uebung abhängig und daher zu erlernen, während zum Experimentiren ein angebornes Talent gehört. Es werden nur zu viele Experimente angestellt, die gar kein Resultat geben und geben können, weil ihre Urheber nicht die Gabe hatten, der Natur Fragen auf die zweckmässige Weise vorzulegen, so dass wirklich eine Antwort, Ja oder Nein, darauf folgen musste. Insbesondere sind wenigstens zwei Drittheile aller bis jetzt in der Botanik angestellten Versuche so vollkommen nutzlos, dass sie nicht allein nicht dem Zweck entsprechen, um dessentwillen sie angestellt waren, sondern auch nicht einmal anderweitig zu benutzen sind. Zur Anstellung von Experimenten gehört durchaus eine durch umfassende naturwissenschaftliche Kenntnisse und philosophische Durchbildung entwickelte Urtheilskraft, nur in seltenen Fällen wird dieselbe durch den glücklichen Instinct des Genius vertreten werden, zumal da gerade wahre Genies, wie z. B. ein *Humboldt*, es nie bei ihren Naturgaben bewenden lassen, sondern die gründlichste und umfassendste Ausbildung derselben erstreben.

Die allgemeine Aufgabe fast aller Experimente wird immer die sein, Naturkörper in eine solche Lage zu versetzen, dass wir die an ihnen vorgehenden Processe in ihren einzelnen Elementen der Messung unterwerfen können. Dabei ist entweder die Bestimmung der Quantität der Stoffe unsere Aufgabe, und dies giebt uns die chemischen Analysen, oder das Maass der wirksamen Kräfte, das giebt uns die bei weitem schwierigere Kunst des physikalischen Experiments, schwieriger, weil hier eine ungleich grössere Complication der einzelnen Elemente zu berücksichtigen ist und die geringste unabsichtliche Vernachlässigung in dieser Beziehung das ganze Experiment nutzlos macht. Insbesondere sind für Experimente mit Pflanzen im Allgemeinen die Vorschriften zu geben: 1) dass man sie so wenig wie möglich den natürlichen Verhältnissen, unter denen sie wachsen, entzieht, dass man sie nur in denselben auf solche Weise wachsen lässt, dass man bestimmte Erfolge des Lebensprocesses, z. B. die Gasausscheidung, die Wasserausdünstung u. s. w. nach Quantität und Qualität dem Maass und Gewicht unterwerfen kann; 2) dass man eine einzelne genau bestimmbare Bedingung ihrer natürlichen Vegetation ausschliesst oder eine fremdartige hinzufügt, und den Erfolg dann quantitativ und qualitativ mit der unter natürlichen Bedingungen vegetirenden Pflanze vergleicht.

7. Bei der Sammlung von Thatsachen ist es nun aber nicht genug, sie einzeln für sich aufgefasst zu haben, sondern um dieselben wissenschaftlich zu verarbeiten, muss man eine grössere Anzahl derselben gleichzeitig übersehen können. Die einzelnen gewonnenen Thatsachen müssen also möglichst treu und rein aufbewahrt werden. Dem Gedächtniss und auch dem allerbesten sollte man sie niemals ausschliesslich anvertrauen, am wenigsten aber Anschauungen, denn in kurzer Zeit sind sie nach den Gesetzen der Association schematisch verändert. Augenblickliches Aufmerken der wichtigsten Punkte ist hier unerlässliche Bedingung, um dem Gedächtniss zu Hülfe zu kommen.

Insbesondere ist hier aber noch für anschauliche Gegenstände

A. das Zeichnen hervorzuheben. Jeder Botaniker sollte zeichnen. Man braucht wahrlich kein Maler zu sein, um mit Bleistift, Feder und einigen Tusch-

farben das, was wissenschaftlich wichtig ist, auf Papier fixiren zu können und die geringe Handfertigkeit, die dazu nöthig ist, wird schnell erworben. Bei allem Beobachten, bei der simpelsten Blüthenanalyse zum Bestimmen einer sehr kleinen Pflanze kommt es auf manuelle Geschicklichkeit an, die dem Botaniker ganz unerlässlich ist, und diese ist auch völlig genügend, um bei einiger Uebung die nöthigen Zeichnungen zu entwerfen. Beim Zeichnen ist wahrlich das zu Papier Bringen das Allerunbedeutendste. Sehen lernen, Ausbildung der productiven Einbildungskraft, das ist die Kunst, von der hier Alles abhängt, und die kann ein Naturforscher vollends nicht entbehren. Wenn aber Jemand, wie aus den Vorreden zu *Link's* phytotomischen Tafeln hervorgeht, einen Andern untersuchen und zeichnen lässt und oft erst nach vier Wochen, wenn er längst vergessen, was die Abbildung bedeutet, den Text dazu schreibt, so ists kein Wunder, dass nur Falsches und Unbrauchbares geliefert wird, dass ein Mann, der 40 Jahre Botanik gelehrt, die Spelzen von *Zea Mays* als schaaliges Albumen bezeichnet und dergleichen mehr.

An wissenschaftliche Zeichnungen aber sind folgende Anforderungen zu machen:

a. Erstens müssen es treue Copien der Natur sein. Man muss die Zeichnung so lange als nöthig mit dem Object vergleichen und bessern, bis sie der Anschauung entspricht. Aber keineswegs soll man, wie es früher wohl Gebrauch war, eine grössere Anzahl höchst unvollkommener Präparate abbilden und es dann dem Beschauer überlassen, sich daraus eine klare Anschauung zusammenzusetzen. Erst soll man vielmehr beobachten, genau und sorgfältig untersuchen, und wenn man sich eine vollkommene und vollständige Anschauung glaubt erworben zu haben, soll man dafür sorgen, dass Ein Präparat auch vollständig dieser Anschauung entspreche, und dann mag man dasselbe abzeichnen. Dadurch gewinnt man im Zeichnen eine vortreffliche Controle seiner eigenen Beobachtungen. Hat man sich nämlich von irgend einem Gegenstande eine Anschauung gebildet und gelingt es bei der ausdauerndsten Geduld nicht, ein der vollständigen Anschauung entsprechendes Präparat zu erhalten, so hat man alle Ursache, gegen die Richtigkeit der vollständigen Anschauung misstrauisch zu sein.

Für das Festhalten mikroskopischer Beobachtungen sind hier noch einige besondere Bemerkungen hinzuzufügen. Wir sollen nämlich mit dem Mikroskop nur unserm Sinne zu Hülfe kommen, nicht aber eine ganz andere Anschauungsweise an die Stelle des Auges setzen; das Letzte geschieht aber nur gar zu häufig, auch da, wo es gar nicht nöthig ist, aus blosser Bequemlichkeit, wie es scheint. In der vollendeten anschaulichen Erkenntniss sehen wir körperlich nach den drei Dimensionen des Raums. Gerade so sollen wir auch die Gegenstände durchs Mikroskop anschauen lernen, wozu uns das vereinzelte Bild des unbewegten Mikroskops freilich immer nur ein einzelnes Element liefert. Aber wie mit dem Auge unter den Gegenständen, sollen wir hier mit dem auf- und abbewegten Mikroskop uns über die körperliche Construction orientiren und dann, so oft es möglich ist, diese körperliche Auffassung auch in der Zeichnung wiedergeben.

Als Hauptvernachlässigung der ersten hier aufgestellten Forderung an botanische Zeichnungen ist die Anfertigung schematischer Zeichnungen zu nennen, eine Unart, die leider in neuerer Zeit sich vielfach aufgedrängt hat. Es ist allerdings viel bequemer, gleich nur hinzuzeichnen, wie man sich die Sache ungefähr denkt, als treue Abbildungen nach der Natur zu liefern, und man hat noch den grossen Vortheil, dass Text und Abbildung sich niemals widersprechen, die Sache also trefflich begründet erscheint. Aber gerade diese schematischen Zeichnungen sind mei-

stentheils die Mittel, falsche und unbegründete Auffassungen in die Wissenschaft einzuführen. Solche Zeichnungen, wie fast allen Holzschnitten in *Unger's* und *Endlicher's* Botanik zu Grunde liegen, viele in *Hartig's* Arbeiten vorkommende u. s. w., sind im allergünstigsten Falle unnütz und überflüssig, weil sie niemals eine Anschauung der Natur als Leitfaden dienen können; aber nur im seltensten Falle wird das Urtheil über solche Zeichnungen so günstig ausfallen können. Meistens sind sie entschieden verderblich, weil sie ganz falsche Vorstellungen der Dinge einleiten.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass es eine gar nicht zu entschuldigende Unredlichkeit ist, wenn man statt Abbildungen nach der Natur schematische Figuren mittheilt, ohne dieser Eigenschaft ausdrücklich zu erwähnen.

b. An alle wissenschaftliche Abbildungen ist noch eine zweite Anforderung zu stellen, die ihre Veröffentlichung betrifft. Eben weil die Abbildungen die sicherste Grundlage für die Fortbildung der Wissenschaft und das fast unerlässliche Hülfsmittel für die Mittheilung anschaulicher Verhältnisse sind, sollte man auch dafür sorgen, ihre Verbreitnng so sehr wie möglich zu erleichtern und Alles von ihnen zu entfernen, was nicht dazu dient, ihre wissenschaftliche Brauchbarkeit zu sichern. Wir brauchen kein Album für das Boudoir einer Staatsdame und solche Werke, wie *Bateman's* Orchideen und ähnliche, sind geradezu sinnlose Verschwendungen. Das genannte Werk hat fast gar keinen wissenschaftlichen Werth, weil nicht einmal Analysen der Blumen gegeben sind, was aber Werth haben könnte, liesse sich ebenso vollständig auf so vielen Octavblättern mittheilen, als jetzt Royal-Foliobogen vergeudet sind.

B. Neben dem Zeichnen ist hier noch als ein wichtiges Hülfsmittel das Aufbewahren der Präparate zu erwähnen. Dies hat für grössere Sachen keine weitere Schwierigkeit, indem man die Gegenstände in gut verschlossene Gläser mit schwachem Spiritus, Salzwasser oder *Syrupus simplex* einschliesst. Grössere Schwierigkeiten bietet das Aufbewahren mikroskopischer Präparate dar, welches erst in neuerer Zeit zu einer gewissen Vollkommenheit ausgebildet worden ist. Ich gebe im Folgenden vorzugsweise die Resultate meiner eigenen zahlreichen Versuche.

Die gewöhnliche jetzt ziemlich allgemein gebräuchliche Art mikroskopische Präparate aufzubewahren ist folgende:

Man lässt sich Glastäfelchen aus unbelegtem Spiegelglas schneiden, einige Zoll lang und etwa 1 bis 1 ¼ Zoll breit. Auf die beiden Enden eines Täfelchens klebt man einen etwa ½ Zoll breiten Streifen Papier, in die Mitte bringt man einen Tropfen Chlorcalcium und darin das zu erhaltende Präparat; dann bestreicht man die beiden Papierstreifen mit Gummilösung und klebt mit Hülfe dessen ein zweites Glasplättchen auf das erste. Die Chlorcalciumlösung nebst dem Präparat wird durch Capillarität festgehalten, die Eigenschaft des Chlorcalcium verhindert das Austrocknen. Zur grössern Sicherheit nun beklebt man noch beide Enden der Glastäfelchen mit einem Streifen weissen Papiers, der zugleich dazu dient, die Bezeichnung des Präparats darauf zu schreiben.

Auf diese Weise kann man sich leicht eine werthvolle Sammlung mikroskopischer Präparate anlegen und besonders Präparate, die überhaupt selten gelingen, oder doch nur selten vollkommen ausfallen, als unvergängliche Documente aufbewahren. Ganz besonders wichtig werden aber solche Sammlungen für das Studium der Entwickelungsgeschichte und man wird so in den Stand gesetzt, ganze Entwickelungsreihen, für welche man die einzelnen Stufen nur nach und nach in einem

längeren Zeitraum sammeln konnte, mit einem Mal zu überblicken und die einzelnen Präparate unter einander zu vergleichen. Soll der Zweck einer solchen Sammlung aber erreicht werden, sollen die Präparate wirklich von Werth sein und bleiben, so sind einige Vorsichtsmaassregeln bei dem ganzen Verfahren zu beobachten.

a. Die Glastäfelchen dürfen natürlich nur von gutem reinen, weissen Glase sein. Zweckmässig ist, sie nicht zu schmal zu nehmen; die Länge hängt mehr von Liebhaberei ab. Es kommt jedoch häufig vor, dass man 2 und 3 Präparate z. B. Längs- und Quer-Schnitte desselben Gegenstandes vortheilhaft auf einer Tafel vereinigen kann, indem man die einzelnen Präparate durch einen schmalen aufgeklebten Papierstreifen von einander trennt, deshalb ist es immer gut, wenn man die Täfelchen nicht zu kurz nimmt. Ein wichtiger Umstand ist die Dicke der Glastäfelchen, die natürlich nach dem Focalabstand der zu gebrauchenden Vergrösserung zu bemessen ist. Da man bei den bessern zusammengesetzten Mikroskopen selten mehr als eine 200—250malige Vergrösserung bedarf, um alle pflanzenanatomischen Verhältnisse klar zu überblicken, so wird man gewöhnlich mit dem dünnsten Spiegelglas von etwa 0,8 bis 1,0^{mm} Dicke auskommen. Sehr vortheilhaft in dieser Beziehung sind die *Amici*'schen Mikroskope, welche eine Reihe von Objectivcombinationen bis zu 360maliger Vergrösserung beigefügt ist, die gerade ein Deckglas von 1,0^{mm} Dicke erfordern. Zur untern Platte ein dickes Glas zu nehmen, muss man möglichst vermeiden, weil die Möglichkeit, die Präparate von beiden Seiten betrachten zu können, einen nicht unwesentlichen Vorzug dieser Präparate ausmacht.

b. Sorgfältige Berücksichtigung verdienen ferner die Papierstreifchen, welche man auf die unterste Glastafel klebt. Sie müssen immer breit genug sein, dass sie ein Zusammendrücken der Platten in der Mitte unmöglich machen und dabei so schmal, dass sie auch dem Chlorcalcium genügenden Raum lassen. Wenn man mehrere Präparate auf ein Täfelchen bringt und daher noch in der Mitte schmale Trennungsstreifen aufklebt, so können sie ganz schmal gemacht und so um so mehr Platz gewonnen werden. Eine wesentliche Berücksichtigung verdient ferner die Dicke des Papiers, von welchem man stets mehrere Sorten in Bereitschaft haben muss. Der leitende Grundsatz ist hier der, dass durch das Papier jeder Druck auf das Präparat verhindert werden soll, während gleichwohl die beiden Glasplatten so nahe auf einander liegen, dass das Präparat und das umgebende Chlorcalcium in ihrer Lage festgehalten werden. Bei zarten Schnitten wird meist das feinste Postpapier (sog. *chagrin de Nagler*) anwendbar sein, selten wird man zu starkem Schreibpapier seine Zuflucht nehmen müssen. Hierbei indessen können nur Versuche und Uebung vor Missgriffen schützen.

c. Sodann verdient das Chlorcalcium eine sorgfältige Aufmerksamkeit. Ein Haupterforderniss ist, dass dasselbe ganz vollkommen neutral und chemisch rein sei. Die Auflösung bereitet man am besten aus etwa 1 Theil wasserfreiem Chlorcalcium und 3 Theilen destillirten Wassers. Beim Aufbringen des Chlorcalcium ist zu beachten, dass das Glastäfelchen völlig rein und insbesondere vom Fett befreit sei. Die Grösse des Tropfens richtet sich nach der Grösse des Präparats, die leitend Regel ist, dass das Chlorcalcium das Präparat völlig einhülle, ohne im Geringsten überflüssig zu sein. Auch hier kann nur durch Uebung erworbener Takt leiten.

d. Endlich das Präparat betreffend, so ist hier nur zu erinnern, dass es nicht der Mühe lohnt, andere als ganz vollkommen gelungene Präparate aufzubewahren und dass dasselbe, ehe man die zweite Platte auflegt, sorgfältig ausgebreitet und in die richtige Lage gebracht werde.

Mit Berücksichtigung der erwähnten Vorsichtsmaassregeln wird man bald dahin

gelangen, sich eine für die Demonstration äusserst bequeme und für die Wissenschaft vielleicht unschätzbare Sammlung von mikroskopischen Präparaten zu erwerben. Es darf indessen nicht verhehlt werden, dass die angegebene Methode nur in gewissen Fällen anwendbar, in anderen völlig verwerflich, in noch anderen wenigstens nicht die vorzüglichste ist.

Unbedingt anwendbar und zweckmässig ist die beschriebene Art und Weise da, wo die Zellen des Präparates keine Farbstoffe, kein Stärkemehl, wenig oder gar keine Proteinverbindungen enthalten.

Die auflöslichen blauen und rothen Farbstoffe werden stets missfarbig oder ganz zerstört, das Chlorophyll wird in den meisten Fällen braungelb und missfarbig, in einigen dagegen und besonders bei den niedern Pflanzen, Angiosporen, Lebermoosen und Moosen behält dasselbe oft die ganze Schönheit und Lebhaftigkeit seiner Farbe. Die meisten harzartigen Farbstoffe halten sich unverändert. Das Stärkemehl bleibt in den ersten Tagen gewöhnlich unverändert, aber nach 3—4, spätestens nach 8 Tagen quellen die Körner auf und lösen sich in formlosen Kleister auf. Die Ursache davon liegt wahrscheinlich darin, dass das Chlorcalcium mit der Zeit die Oberfläche des Glases angreift und etwas Kali in Freiheit gesetzt wird, welches auflösend für die Stärke wirkt. Die Proteinverbindungen gerinnen unvermeidlich durch die Einwirkung des Salzes und trüben dadurch das ganze Bild und verändern auch wesentlich das natürliche Ansehen des Präparats, indem die stickstoffhaltige Auskleidung der Zelle sich gerinnend von der Wand zurück zieht. Zum Theil entgeht man diesem Nachtheil, wenn man das Präparat erst eine kurze Zeit in eine ganz schwache Chlorcalciumlösung legt und dann erst auf das Glastäfelchen bringt. Die Proteinverbindungen gerinnen dann zwar auch, aber sie ziehen sich fast gar nicht zusammen, so dass das natürliche Ansehen des Präparats weniger gestört wird. Auffallend ist es, dass oft ganz unerwartet einige Präparate nicht nur nicht getrübt, sondern ganz entschieden schöner und klarer werden, wenn sie eine Zeitlang im Chlorcalcium gelegen haben. Ueber die Ursachen dieser Erscheinung bin ich nicht im Stande Rechenschaft zu geben.

Die beiden unangenehmsten Nebenwirkungen des angegebenen Verfahrens sind auf jeden Fall die Auflösung des Stärkemehls und das Gerinnen der Proteinverbindungen. Beide kann man unter Umständen zum Theil beseitigen, wenn man sich statt der Chlorcalciumlösung des reinen Oelsüsses bedient. Das letztere stört aber stets die Erkennbarkeit der Structurverhältnisse des Stärkemehls. Nach zahllosen verunglückten Versuchen glaube ich ein Verfahren gefunden zu haben, wodurch man in den Stand gesetzt wird, diese beiden Uebelstände zu vermeiden. Die Aufgabe war hier erstlich, die Chlorcalciumlösung durch eine andere Flüssigkeit zu ersetzen und zweitens, da die passenden Flüssigkeiten nicht die wesentliche Eigenschaft des Chlorcalcium, Wasser anzuziehen, theilen, einen hermetischen Verschluss für die Glastäfelchen zu finden, der leicht herzustellen ist. Diesen letzteren Zweck erreiche ich jetzt durch folgende Methode: Ich lasse an den Rand der Glastäfelchen eine Façette schleifen, so dass, wenn zwei Täfelchen auf einander gelegt werden, zwischen beiden eine tiefe Furche entsteht. Nun werden die Präparate mit der gewählten Flüssigkeit ganz in derselben Weise und unter denselben Vorsichtsmaassregeln aufgebracht wie bei der vorigen Methode; dann die Papierstreifchen mit Gummi bestrichen und die Deckplatte aufgelegt. Sodann legt man in die Furchen am Rande kleine Wachsstäbchen, die man mit einer heiss gemachten Messerklinge einschmilzt. Das Ganze überzieht man dann mit Papier (das einen passenden Aus-

schnitt für das Object hat), um jede Verschiebung zu verhüten. Unter diesem Verschluss bewahre ich jetzt schon über ein Jahr Präparate unter Alaunlösung völlig unverändert auf, ein Beweis, dass derselbe ganz vollkommen luftdicht ist.

Als Flüssigkeit benutze ich hierbei den *Syrupus simplex* der Officinen, den ich mit $\frac{1}{4}$ Wasser verdünne, um das Auskrystallisiren des Zuckers zu verhindern. Diese Flüssigkeit erhält die zartesten Präparate völlig unverändert, als ob sie eben angefertigt wären, die einzige Veränderung ist die, dass sie mit der Zeit etwas durchsichtiger werden. Diese letztere Eigenschaft macht diese Flüssigkeit aber allerdings auch da unbrauchbar, wo es darauf ankommt, die Structurverhältnisse des Stärkemehls zu erhalten, da sich, wie bei der Anwendung des Oelsüsses, die Andeutung der Schichten sehr bald verliert, wenn auch übrigens die Stärke vollkommen gut erhalten bleibt. Für eine Sammlung von Stärkemehl habe ich daher zwei andere Flüssigkeiten aufgesucht, welche beide in gleicher Weise dem Zwecke entsprechen, nämlich eine gesättigte Alaunauflösung und eine verdünnte Auflösung des sauren chromsauren Kali. Beide sind so gut geeignet das Stärkemehl in allen seinen Eigenthümlichkeiten zu erhalten, dass ich nun bereits die bekannten abgeblätterten Körner der gerösteten Kartoffelstärke ein Jahr lang ganz unverändert aufbewahrt habe.

Ich kann nicht umhin zu bemerken, dass diese Methode sich auch vortrefflich eignet, thierische mikroskopische Präparate aufzubewahren, von denen gar viele in Zuckerlösung und in chromsaurem Kali sich, wie ich aus Versuchen weiss, ganz unverändert erhalten. Es würde leicht sein, durch Versuche für alle thierischen Substanzen passende Flüssigkeiten aufzufinden und ich bin gewiss, dass dadurch der thierischen Gewebleh re ein entschiedener Vortheil erwachsen würde, indem man durch Aufbewahrung der Originalpräparate jedem späteren Zweifel und der daraus hervorgehenden Unsicherheit vorbeugen könnte.

Für gewisse Pflanzenpräparate, z. B. aus trockenem Holz, aus Braunkohlen u. s. w., giebt es noch ein äusserst zweckmässiges Verfahren der Aufbewahrung, welches vielleicht einen Vorzug verdienen könnte, weil die Präparate, einmal angefertigt, für immer unverletzbar und unzerstörbar sind. Man nimmt zu dem Ende ein Glastäfelchen, wie bei den vorigen Methoden vorbereitet. Als Flüssigkeit bringt man einen Tropfen ganz reinen und concentrirten Copallackes auf und legt das Präparat darauf. Dann erwärmt man die Glasplatte vorsichtig über der Spirituslampe so lange, bis alle Feuchtigkeit aus dem Präparat entwichen und durch Copallack verdrängt ist, was man leicht an der Durchsichtigkeit des Präparats erkennt. Sodann wird ein zweiter Tropfen Copallack auf das Präparat gegeben und die ebenfalls erwärmte Deckplatte aufgedrückt. In 2—3 Tagen ist der Copallack rings umher völlig erhärtet und getrocknet und es ist fast unmöglich, die beiden Platten unzerbrochen wieder von einander zu bringen.

Was ich schon vorhin für die Zoologie bemerkte, gilt nun auch aller Wege von der Botanik. Durch die verschiedenen Methoden mikroskopische Präparate aufzubewahren, kann jetzt in einigen Jahren allen Zänkereien über anatomische Gegenstände ein Ende gemacht werden und wir erhalten darin zugleich ein vortreffliches Mittel, die Geschicklichkeit und Glaubwürdigkeit der botanischen Schriftsteller zu controliren. Ich wenigstens erkläre hierdurch öffentlich, dass ich in Zukunft jede meinen eigenen, durch aufbewahrte Präparate sicher gestellten Beobachtungen widersprechende Behauptungen geradezu für Erfindungen halten werde, wenn ihr Urheber nicht im Stande ist, dieselben durch das Originalpräparat selbst zu belegen.

Beispielsweise will ich hier nur an eine solche Behauptung und Abbildung wie Seite 27 in *A. de Jussieu's cours elementaire de botanique* erinnern. Es sollen zwei Spiralen eines Spiralgefässes sich von einander trennen und ohne Unterbrechung der Continuität der Fasern sich in zwei parallel verlaufende Spiralgefässe fortsetzen. Die Sache widerspricht so sehr aller Analogie, allem was bisher über Natur der Zellen und Spiralfasern beobachtet worden, dass ich die Sache zum Mindesten für eine äusserst grobe, kaum verzeihliche Selbsttäuschung halten muss. Gerade solche Dinge, die alles, was bisher über Spiralfasern beobachtet und consequent erschlossen ist, völlig über den Haufen werfen würden, dürfen hinführo gar nicht in der Wissenschaft erwähnt werden, wenn sie nicht sogleich auch durch Aufweisung des Präparats erwiesen werden können. Bis jetzt kenne ich nur eine Untersuchung, bei der mich meine Aufbewahrungsmethoden im Stich lassen, weil das Uebertragen der Präparate auf die Platte unmöglich scheint, nämlich die Entstehung der Pflanzenzelle, aber gerade hier sind die Präparate auch kinderleicht zu machen, es kommt dabei vielmehr auf die Beurtheilung und theoretische Verarbeitung des Gesehenen an. Aehnliche, wenn auch nicht so grosse Schwierigkeiten bieten die Präparate über die Entstehung des Embryo's aus dem Pollenschlauch dar. Aber ich hoffe, auch hier wird es nach und nach gelingen, die vollständigen Präparatenreihen zu gewinnen und aufzubewahren.

8. Wir sind in allen empirischen Naturwissenschaften bei der Beschränktheit der Mittel des Einzelnen vielfach an den historischen Glauben, an die Mittheilungen Anderer gebunden, aber wie häufig wird nicht dies Verhältniss ganz falsch aufgefasst, und hinter der Nothwendigkeit, auch fremde Erfahrungen zu benutzen, birgt sich entweder lichtscheue Autoritätenfurcht, die statt kräftig der Wahrheit nachzustreben, an alten, durch Missverstand oder Glück gehobenen und von der Gewohnheit, diesem furchtbarsten aller Tyrannen, heilig gesprochenen Namen klebt und längst abgethane Irrthümer stets wieder belebt, indem sie die erwachsene Wissenschaft noch immer mit ihren Windeln misst; oder eine Geistesstumpfheit, die, statt selbst die Wissenschaft zu erfassen, sie lieber mit mittelalterlich-philologischer Beschränktheit aus hundert Büchern zusammenzutragen sucht.

Es sei mir hier vergönnt, einige Worte über den Gebrauch der Autoritäten im Allgemeinen zu sagen, bei dem nach vielen Richtungen hin gesündigt wird. Man kann hier einen doppelten Gebrauch derselben unterscheiden. Entweder ist die Beobachtung in einem Punkte noch nicht so weit fortgeschritten, wir haben der Natur noch nicht so viel Boden abgewonnen, um uns darin festsetzen und ein Urtheil aussprechen zu können; oder die Thatsachen zur vollständigen Beurtheilung der Sache liegen wirklich vor.

In dem ersten Falle pflegt man denn wohl die Lücke durch Vermuthungen auszufüllen, und zur Unterstützung derselben werden dann meist viele Citate beigebracht, die eine ähnliche Vermuthung aussprechen. Dies ganze Verfahren ist nun durchaus verwerflich und geht aus einer falschen Grundansicht der Wissenschaft hervor. Alle unsere Erkenntnisse theilen sich nämlich in reine Vernunft- und Erfahrungswissenschaften. Die ersten haben die Aufgabe, das was eigentlich vollständig seinem ganzen Umfange nach schon dunkel in der menschlichen Seele ruht, deutlich zu machen und wissenschaftlich zu entwickeln; in ihren angewandten Theilen beherrschen ihre dunkleren oder klareren Aussprüche in jedem Augenblick unser Leben, indem sie unser Wollen und Handeln bestimmen. Hier giebt eben die Nothwendigkeit des Lebens den Antrieb, uns auch da vorläufig nach einer nur wahrscheinlichen

Regel zu bestimmen, wo es der Wissenschaft noch nicht gelungen, dieselbe über allen Zweifel zu erheben und klar zu machen. Gern mögen wir uns hier an das Beispiel grosser Männer, die wir achten und ehren, anschliessen und in ihrer Zustimmung für uns eine Beruhigung finden. Ganz anders ist es in den Erfahrungswissenschaften. In ihnen schreitet die Erkenntniss von Bekanntem zu stets neu sich Darbietendem fort, in ihnen hat und kann ohnehin nur das Einfluss auf unser Leben (und noch dazu nur auf die Vermittelung desselben) haben, was die Wissenschaft schon ganz in ihre Gewalt gebracht hat und daher dem Leben als ein Werkzeug, dessen Gebrauch bekannt und sicher, anbieten darf; oder auf der anderen Seite, das Leben hat längst aus der Erfahrung über eine Thatsache sicher entschieden und es fehlt nur die wissenschaftliche Deutung, die dem Leben unmittelbar nichts hilft. Diese Erforschung neuer, die blosse Aufklärung bekannter Thatsachen ist also reine Sache der Wissenschaftlichkeit und berührt das Leben gar nicht; es liegt daher auch kein bewegendes Interesse vor, dem einzig richtigen Gang vorzugreifen und durch Vermuthungen und Fictionen eine dunkle Kluft zu überspringen, ehe die Erfahrung die sichere Brücke gebaut. Was man gewöhnlich zur Rechtfertigung anführt, das Streben des Menschen nach Einheit und Vollendung in seinen Erkenntnissen, beruht auf einem blossen Missverstande, denn diese zu erstrebende Einheit und Vollendung ist eine philosophisch-architektonische, aber keine materiale, die nicht dem einzelnen Menschen, sondern der ganzen Menschheit angehört. Dieses Streben aber ist es gerade, welches für den Einzelnen, der thätiges Mitglied der Menschheit sein soll, die Erforschung des Wahren, die Erweiterung der Einsicht auch ohne Rücksicht auf möglichen Nutzen rechtfertigt und heiligt. Für das Individuum aber ist die Wissenschaft stets mit zwingender Nothwendigkeit eine unvollendbare und deshalb ist das Bestreben da, wo eine endlose Bahn vor uns liegt, einen endlich kleinen Theil auf anderm, als dem sichern Wege der Erfahrung zurücklegen zu wollen, ein durchaus kindisches. Es kann also hier dem Einzelnen auch nicht durch Berufung auf viele Andere geholfen werden, denn viele Kinder machen noch immer keinen Mann aus.

Der zweite Fall des Gebrauchs oder vielmehr des Missbrauchs der Autoritäten ist aber eine blosse überkommene Erbschaft aus dem Mittelalter, wo es allerdings richtig war, statt aus den verdorbenen Schriften der Araber und Abendländer erst einmal wieder aus den unmittelbaren Quellen der alten Classiker zu schöpfen, nicht um die Sache aus ihnen kennen zu lernen, sondern um den Geist an ihnen zu stärken, damit er selbstständig an die Bearbeitung der Objecte selbst, die nicht Bücher, sondern Geist und Natur sind, gehen könne. Hier entstand das Citat ursprünglich nicht zur Bestätigung der Wahrheit des Gesagten, sondern zur Nachweisung, dass dies und nichts Anderes von den Alten behauptet sei. Nach und nach verkehrte sich aber die Sache, man vergass das eigentliche Object des Forschens und todte philologische Bücherweisheit wurde für Jahrhunderte der drückende Alp, der jede freudige und lebendige Entwickelung niederhielt, bis sich erst allmälig Philosophie und Naturwissenschaft von diesem Gespenst befreiten. Aber noch immer blieb das grundlose Vorurtheil kleben, als ob eine Sache, die in der Natur erschaut, im Geiste empfunden sei, an Sicherheit gewinne, wenn man ein Dutzend Schriftsteller für dieselbe anführen könne. In den Naturwissenschaften, mit denen ich es hier allein zu thun habe, giebt es aber eine Autorität, die so hoch über allen andern steht, dass sie dieselben ganz entbehrlich macht und selbst gegen die Gesammtheit Aller doch Recht behält, das ist die Natur selber. Mehr braucht es nicht, um eine

Thatsache als sicher hinzustellen, als die Behauptung, »ich habe es gesehen«, die bei jedem Andern den vollen Glauben in Anspruch nehmen darf, so lange der Behauptende nicht durch nachgewiesene Leichtfertigkeit und Unwahrheit sich dieses Vertrauens unwerth gemacht hat. Ohne dieses Vertrauen kann eine empirische Wissenschaft gar nicht bestehen, und auf diesem nothwendigen Vertrauen beruht auch die Unhaltbarkeit aller verneinenden Behauptungen, so lange nicht die Unmöglichkeit einer behaupteten Thatsache nachgewiesen ist. Bei diesem Vertrauen ist aber auch jede Berufung auf Leute, die dasselbe gesehen haben wollen (allenfalls einen ausgenommen, wenn man die Sache juristisch auf zwei Zeugen stellen wollte), überflüssig, und man kann das einfache Wort des redlichen Mannes nicht verstärken, um so weniger, da Irrthümer in der Wissenschaft auch nur zu oft epidemisch sind und der Beispiele genug vorliegen, dass ganze Jahrhunderte oder alle Forscher einer Zeit insgesammt falsche Thatsachen überliefert haben, und das um so mehr, wenn sich die Meisten dabei mit blossem Abschreiben begnügen, was eben die Folge jener unglückseligen philologischen Richtung ist. Ich will hier nur daran erinnern, wie die ganz grund- und bodenlose Behauptung der Endogeneität der Monokotyledonen wie ein Krebs der Wissenschaft um sich gefressen hat. Aber es klebt eben gar Vielen eine seltsame Trägheit an, die lieber die Meinung von hundert und aberhundert Autoren aus bestaubten Folianten herausklaubt und mit philologisch-kritischem Apparate aus ihnen die wahrscheinlichste Meinung zu entwickeln sucht, statt sich mit frischen Sinnen und lebendiger Liebe selbst der Natur in die Arme zu werfen und an ihrer Brust aus dem wahren einzigen Quell des Lebens zu trinken. Ein solcher Mann mag mir eine Geschichte der Wissenschaft schreiben, er soll mir vielleicht willkommen sein; wenn er mir aber sein Buch für die Wissenschaft selbst ausgeben will, weise ich ihm unbedingt die Thür.

Allerdings sollte das Wort des Mannes: »so habe ich gesehen, gewissenhaft beobachtet« in der Wissenschaft vollgültiges Zeugniss für eine Thatsache sein. Allein leider kommen gar manche Umstände zusammen, die diese nothwendige Forderung in ihrem Erfolg verderblich für die Wissenschaft machen. Wo es auf Thatsachen ankommt, die dem Einzelnen selbst zu beobachten unmöglich ist, da, aber auch nur da, ist er gezwungen, sich im Vertrauen auf wissenschaftliche Redlichkeit auf das Wort Anderer zu verlassen und andere Forscher anzuführen. Hier steht denn auch der Andere ganz unter den Bedingungen, welche für Zeugenaussagen gelten. Zuerst muss also jede Einmischung seines Urtheils beseitigt werden. Seine Ansicht hat höchstens nur insofern zufälligen Werth, als sie sich wirklich von selbst aus den Thatsachen ergiebt. Bei der Prüfung der Aussagen über Thatsachen selbst entstehen aber nothwendig die beiden Fragen: konnte Zeuge die Wahrheit sagen und wollte er die Wahrheit sagen? Hier zeigt sich nun ganz besonders der fehlerhafte Gebrauch der Citate, indem meistens die Zeugnisse nur gezählt, aber nicht gewogen werden. Die strenge Beantwortung jener beiden Fragen muss aber immer vorangehen, ehe man sich auf ein fremdes Zeugniss stützt und dadurch Thatsachen in die Wissenschaft einführt, die diese ebenso sehr verwirren und hemmen, als aufklären und fördern können.

In Bezug auf die erste Frage sind es besonders zwei Punkte, die man sich zu beantworten hat, nämlich die nach der Methode und die nach den Hülfsmitteln. Wer nicht auf dem richtigen Wege sucht, wird auch ohne seine Schuld nur Falsches finden und ebenso der, welcher mit schlechten Instrumenten arbeitet. Wie häufig finden wir hier über Vorgänge in den Pflanzen das Zeugniss von Männern aufge-

rufen, die statt zu beobachten blos raisonnirten, also gar nichts über den fraglichen Punkt sagen können, und fast in jedem Handbuche begegnen uns die Namen der Forscher früherer Jahrhunderte bei Gegenständen der feineren Anatomie, über welche sie wegen Mangelhaftigkeit ihrer Mikroskope nichts wissen konnten.

Nicht minder wichtig ist die Beantwortung der zweiten Frage, ja man kann sagen noch wichtiger, aber gewöhnlich wird sie ganz aus dem Spiele gelassen, weil man sich hinter einen gewaltigen Missverstand versteckt. Die Frage ist eigentlich richtiger so zu fassen: Leitete den Forscher bei seinen wissenschaftlichen Bestrebungen durchaus kein anderer Trieb, als die reine Wahrheit und die ganze Wahrheit zu finden und diese ganz und unentstellt mitzutheilen? So trifft diese Frage allerdings den Charakter des Forschers, und man hat bis jetzt immer so gethan, als müsse derselbe in der Wissenschaft ganz aus dem Spiel bleiben. Diese Anforderung ist aber, wie sich leicht zeigen lässt, eine durchaus unmögliche. In Philosophie und Mathematik genügt allerdings eine blosse Entwickelung der Sache, um jeden Widerspruch zu beseitigen, denn ich kann an die Einsicht jedes Einzelnen appelliren, und wem die fehlt, dem ist auf eine andere Weise auch nicht zu helfen. Ganz anders ist aber das Verhältniss in den empirischen Naturwissenschaften, die ganz auf der Sicherheit der Thatsachen beruhen, die der Einzelne unmöglich alle selbst sammeln kann, sondern von denen er einen grossen Theil von Andern blos auf Treue und Glauben hin annehmen muss. Hier kommt es eben auf Treue und Glauben, also auf den Charakter des Einzelnen an und Pietät gegen die Wissenschaft, gegen die Wahrheit fordern hier unbedingte und gegen jeden einzelnen Menschen rücksichtslose Offenheit und Strenge des Urtheils.

Es findet hier aber noch ein anderer Missverstand statt, der den Tadel aussprechen lässt: der und der hat sich im wissenschaftlichen Streite Persönlichkeiten erlaubt. Jeder Mensch hat ein unbezweifeltes Recht darauf, sein Privatleben und seinen Privatcharakter unangetastet für sich zu behalten und nicht als einen Gegenstand öffentlicher Discussionen hingestellt zu sehen; aber ebenso unbezweifelt ist es auch, dass Jedermann auf ein ihm zustehendes Recht ganz oder theilweise verzichten könne. Das thut aber Jeder, der selbst öffentlich als Schriftsteller in der Wissenschaft auftritt. Was er, wenn auch nur seinem Vorgeben nach, mittheilen will, ist Wahrheit, was ich von ihm lernen will, ist Wahrheit, und da steht mir doch ohne allen Zweifel das Recht zu, zu fragen, ist von dem Menschen, wie er sich zeigt, auch Wahrheit zu erwarten? Wenn Einer in dem, was er freiwillig veröffentlicht, sich nachweisbarer unzweifelhafter Lüge oder eines hohen Grades der Unlauterkeit und des Leichtsinnes schuldig macht, so muss mir gewiss erlaubt sein, dieses von ihm selbst zur Schau getragenen Charakters mich zu bedienen, um seinen Behauptungen den Eingang in die Wissenschaft zu wehren, oder doch die Bedeutsamkeit abzusprechen. Ueberall, wo es auf Glaubwürdigkeit ankommt, gehört der öffentliche Charakter des Menschen so nothwendig mit zur Beurtheilung seiner Leistungen, dass man gar nicht davon absehen kann, ohne das Heiligthum der Menschheit, Wissenschaft und Wahrheit zu verletzen. Allerdings versteht es sich hierbei von selbst, dass ein solches Urtheil nicht in blossem unbegründeten Absprechen bestehen darf, wodurch der, der es thut, nur den Glauben an seine eigene redliche und unparteiische Wahrheitsliebe zerstört, sondern dass es mit wissenschaftlichen und zureichenden Gründen belegt sein muss.

Es zeigen sich aber hier gar mannigfache Abstufungen des Charakters von der reinen unbedingten Wahrheitsliebe, der jede, auch die trivialste Wahrheit lieber

ist, als der noch so geistreich und genial klingende Schein* bis zur bewussten, gemeinen Lüge. Leider muss von der letztern in neuerer Zeit auch in der Wissenschaft gesprochen werden, und Gesellen wie Herr *Corda* und der Verfasser der Tafeln *Scleranthus* und *Ceratophyllum* in *Nees v. Esenbeck genera plant. fl. germ.* u. A. m. liefern die traurigen Beispiele. Einen Dieb kann man hängen, einen Mörder kann man richten, aber gegen gewisse moralische Pestbeulen giebt es kein Mittel, als völlige Ausschliessung aus der Gemeinschaft, und Leute, denen man moralische Nichtswürdigkeit einmal aus ihren Schriften öffentlich nachgewiesen hat, sollten in der Wissenschaft fernerhin weder im Guten noch im Bösen erwähnt werden.

Aber so wenig man sich einer Seits dieser scharfen Beurtheilung eines Schriftstellers entziehen darf, so wenig darf man auf der andern Seite sich von dem Menschen für oder wider den Schriftsteller einnehmen lassen. Nicht Freundschaft für einen menschlich liebenswürdigen Charakter darf mich bewegen, deshalb seinen Worten ein grösseres Gewicht zuzugestehen, als ihnen zukommt, nicht Widerwille darf mich hinreissen, das Zeugniss eines mir unangenehmen Menschen gering zu schätzen oder auch nur mit Stillschweigen zu übergehen, wo die Wissenschaft ein Recht auf dasselbe hat. Am allerwenigsten aber darf ich mir herausnehmen, zur Beurtheilung einer wissenschaftlichen Leistung auf andere Thatsachen Rücksicht zu nehmen und sie zu veröffentlichen, als von dem Menschen selbst der öffentlichen Beurtheilung unterstellt sind. Nur in dem letztern liegt die eigentlich tadelnswerthe und unwürdige Persönlichkeit, indem ich einen andern Menschen vorführe als den, der sich öffentlich gezeigt, und zwar in der hinterlistigen Absicht, das Publicum eben durch die demselben verleidete Figur des Menschen zu einem parteiischen Urtheil gegen den Schriftsteller zu verführen**.

§. 4.

Von der Induction insbesondere.

Von den Thatsachen werden wir weiter geführt zur Theorie hauptsächlich durch Induction, Hypothese und Analogie. Alle drei sind blosse Wahrscheinlichkeitsschlüsse und können also für sich nie logische Gewissheit geben. Wenn man sie daher richtig gebrauchen will, so muss man sehr genau über das Verhältniss derselben zum Ganzen unserer Erkenntnissthätigkeit orientirt sein; denn so wie sie richtig gebraucht die einzigen Förderungsmittel aller Erfahrungswissenschaft sind, so werden sie, fehlerhaft oder leichtfertig angewendet, auch die

* Man kann diese Wahrheitsliebe als eigenthümlichen Charakterzug des ächten Genies bezeichnen; gerade durch diese Eigenschaft wird es productiv, während das blosse Talent an der Darstellung hängend nur nach dem geistreichen Klang hascht. Das Ueberschätzen des geistreichen Wortgeklingels ohne wahrhaften Gehalt kann man als ein hervorstechendes Merkmal unserer Zeit bezeichnen.

** »Jeder Tadel, den der Kunstrichter mit dem kritisirten Buche in der Hand gut machen kann, ist ihm erlaubt . . . . Aber sobald derselbe verräth, dass er von seinem Autor mehr weiss, als ihm die Schriften desselben sagen können, sobald er sich aus dieser näheren Kenntniss des geringsten nachtheiligen Zuges gegen ihn bedient: sogleich wird sein Tadel persönliche Beleidigung. Er hört auf Kunstrichter zu sein und wird — das Verächtlichste was ein vernünftiges Geschöpf werden kann — Klätscher, Anschwärzer, Pasquillant.« — So der edle und geistreiche *Lessing* (Schriften. Berlin, 1826. Bd. 32, S. 171).

Quelle aller Verkehrtheiten und Phantasien, die beständig in der Geschichte der Wissenschaften auftauchen, dieselbe verwirren und in ihrem Fortschritt hemmen. Auch hier muss ich für genauere Kenntniss der Sache auf *Fries* Handbuch der Logik verweisen, und kann selbst nur eine skizzirte Uebersicht geben.

Alle drei, Induction, Hypothese und Analogie, sind unvollständige divisive Schlüsse, die Induction unter kategorischer Form, indem ich von vielen Fällen (statt von allen) auf die Gültigkeit einer allgemeinen Regel, die Hypothese unter hypothetischer Form, indem ich von einigen Folgen (statt von allen) auf die Einheit des Grundes schliesse, endlich die Analogie, welche eigentlich nur der durch Induction gefundenen Regel unterordnet, wo es also allein auf die Gültigkeit der Induction ankommt. Bei allen diesen Schlüssen ist blos logisch gar keine Schlusskraft vorhanden und eine gleiche mathematische Wahrscheinlichkeit würde erst dann stattfinden, wenn nur noch ein Fall fehlte. Dass wir aber dennoch unser Urtheil nicht suspendiren, wie wir bei der Unvollständigkeit des Schlusses thun sollten, dass wir uns vielmehr dieser und nur dieser Formen bedienen können, um in allen Erfahrungswissenschaften fortzuschreiten, deutet auf ein eigenthümliches Verhältniss zur Erkenntnisskraft, welches *Fries* im Gegensatze gegen die mathematische Wahrscheinlichkeit als philosophische Wahrscheinlichkeit bezeichnet hat. Dass wir einem solchem Schlusse vollen Glauben beimessen, liegt in der Natur der erkennenden Vernunft, welche überall Einheit und Zusammenklang in ihren Erkenntnissen fordert. Die Schlussformen gelten aber deshalb auch nur im Einklang mit der ganzen Erkenntnisskraft und den daraus abzuleitenden Principien. Wir setzen eben überall Einheit und Gesetzmässigkeit als vorhanden voraus und entscheiden uns deshalb vorzugsweise für das, was mit dieser Voraussetzung übereinstimmt. Der Reflexion, welcher hier die Entscheidung zusteht, dienen dabei nun alle allgemeinen Principien der Vernunft nicht als Regeln, unter welche unterzuordnen wäre, sondern als leitende Maximen, denen gemäss sie ihr Urtheil bestimmen soll, und dieses Urtheil gilt eben nur dann, wenn es im vollkommenen Zusammenklang mit der gesammten Erkenntniss der Vernunft abgegeben ist. Gerade deshalb aber sind auch Hypothese, Induction und Analogie für den Unwissenden und unvollkommen Orientirten die sichern Führer zu Irrthum und selbst zum völligen Unsinn, wie bei sogenannten Theorien des Geisterreichs und dem angeblich wissenschaftlich gerechtfertigten Gespensterglauben.

Als Regeln für den Gebrauch der Induction u. s. w. haben wir also die Anforderung zu machen, dass Einer vollständig im Besitz der leitenden Maximen sei und diesen gemäss verfahre. Diese Maximen sind zweierlei, allgemeine und specielle.

1. Zunächst fordern wir also von Jedem, der mit Hoffnung auf Erfolg die Botanik wirklich über die blosse Sammlung von Thatsachen hinaus fortbilden will, dass er kritisch philosophisch gebildet sei und über die allgemeinsten Gesetze sich verständigt habe.

Hier erwähne ich als allgemeinste leitende Maximen insbesondere folgende:

a. Maxime der Einheit. Jede Erkenntniss nach bestimmten Begriffen lässt sich auf Principien zurückführen.

b. Maxime der Mannigfaltigkeit. Gesetz und Regel sind für sich leer, sie fordern den Fall der Anwendung von der individuellen Thatsache, und Reichthum an Thatsachen ist für die Erweiterung unserer Erkenntniss unentbehrlich.

c. Maxime der objectiven Gültigkeit. Das Princip ist in der Erkenntniss das

Ursprüngliche, es entspringt nie aus dem Besondern, so wenig wie das Besondere aus dem Allgemeinen, aber das Besondere unterliegt allgemeinen Bestimmungen.

d. Maxime der Sparsamkeit. Man soll nie die Principien ohne Noth vervielfältigen. In der Natur sind alle Folgen eines Grundes gegeben, also giebt es der Gründe nur möglichst wenige. (Gesetz der Sparsamkeit in der Natur.)

Die Anwendung von Induction und Hypothese erfordert jedesmal Möglichkeit und Einheit der Voraussetzung und Consequenz der Ableitung; in letzterer Beziehung ist es fehlerhaft, wenn wirkliche Fälle nicht abgeleitet werden können, oder wenn aus der inductorisch gefundenen Regel Fälle folgen, die nicht stattfinden.

»Jede gültige Induction oder Hypothese muss nach heuristischen Maximen bestimmt orientirt sein, sonst verwerfen wir sie als willkürliche Erdichtung, als chimärisch. Soll eine Induction nur angehört zu werden verdienen, so muss erst für den gegebenen Fall wirklich nach einer Erklärung gefragt worden sein, ich muss zweitens wissen, woher ich die Gründe der Erklärung zu nehmen habe, und muss daraus im Voraus bestimmen können, dass die Voraussetzung möglich sei. Wo diese vorläufige Orientirung fehlt, können wir angebotene Untersuchungen getrost ungehört verdammen als leeres Hin- und Hergerede ohne Erfolg. Wenn uns z. B. Jemand geistige Erscheinungen aus Bewegungen des Nervenäthers erklären will, so weisen wir ihn ungehört ab, indem wir schon wissen, dass das Körperliche kein Erklärungsgrund für das Geistige sein kann. Oder wenn uns gar Jemand eine Theorie des Geisterreichs anbietet, so verlachen wir den Thoren, der sich für Wunder wie klug hält, indem wir schon voraus wissen, dass er über Dinge Worte macht, von denen er selbst nichts versteht. Hier zeigt sich die wahre Gewalt der Wissenschaft über wahrscheinliche Bestimmungen. Das inductorische und hypothetische Verfahren steht unter so vielen Cautelen, dass es meist schwer zu behandeln ist; vorzüglich aber doch nur wegen der Ungeduld der Einzelnen, die schon nach Fragen hinausgreifen, von denen sie wissen sollten, dass hier noch keine Behandlung möglich ist; die sich nicht zum Aufschieben des Urtheils bequemen wollen, selbst da, wo es vor Augen liegt, dass sie keine Gründe der Erkenntniss in der Gewalt haben. Regelmässig angewendet ist hingegen dieses Verfahren eines der vorzüglichsten und durchgreifendsten zur Erweiterung unserer Kenntnisse; der Grad der Gewissheit steigt bis zu einem hohen Grade der Sicherheit, sobald die heuristischen Maximen bestimmt genug sind, und wenn grosse Mannigfaltigkeit der Fälle oder Folgen durch einen Grund beherrscht wird, den die Wissenschaft genehmigt, so überwindet dieser jeden Zweifel. So ruht z. B. unsere ganze Himmelskunde auf der Hypothese des kopernikanischen Systems. Man könnte sich hier auch andere sehr künstliche Erklärungen aussinnen, nach denen Alles eben so erfolgen müsste, aber sie werden zu Albernheiten neben der Einfachheit dieses Systems. Ebenso die ganze geistige Weltansicht des Menschen beruht auf der hypothetischen Analogie, dass dem Körper anderer Menschen eben so Vernunft entspreche, wie meine Vernunft meinem Körper. Auch hier könnte es anders sein, mein ganzes Leben könnte ein selbstgeschaffener Traum sein, in den die Geburt mich führte, aus dem vielleicht der Tod mich weckt; oder höhere Geister, die das Innere meiner Gedanken durchschauen, können mit todten Phantomen mir den ganzen Schein dieses Lebens vorgaukeln. Aber auch dieses wird als ungereimt verworfen neben der einfachen Erklärung des gemeinen Lebens*.«

---

* *Fries*, System der Logik, 3. Aufl. S. 336—338.

2. Jede Hypothese, jede Induction soll aber auch im ganzen System der menschlichen Erkenntniss orientirt sein, wenn sie auf Brauchbarkeit Anspruch machen will, also auch gegen jede einzelne Disciplin. Unwissenheit ist immer am schnellsten mit ihren Phantasien bei der Hand und bildet sich oft ein, wundergleiche Entdeckungen gemacht zu haben, während sie in lächerlicher Blösse dasteht.

Wenn uns nämlich die Philosophie, insbesondere die mathematische Naturphilosophie die allgemeinen leitenden Maximen an die Hand giebt, die uns beim Gebrauch der Inductionen führen sollen, so sind es die einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen, aus welchen wir die speciellen leitenden Maximen abzuleiten haben. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, dass es nur Eine Natur und also nur Eine Naturwissenschaft giebt und dass die einzelnen Zweige nur aus fabrikmässiger Theilung der Arbeit zur Erleichterung der Fortentwickelung hervorgegangen sind. Jeder Widerspruch zwischen zwei Zweigen der Naturwissenschaften weist unmittelbar darauf hin, dass die Behauptungen des einen von ihnen auf unzulässigen Hypothesen, oder auf falschen Inductionen beruhen. Wir müssen also noch die Anforderung an Jeden stellen, welcher Botanik zu seinem Studium wählt, dass er sich encyklopädisch mit dem gegenwärtigen Stand sämmtlicher naturwissenschaftlicher Disciplinen bekannt gemacht und insbesondere die Stellung der einzelnen zur Erkenntnisskraft überhaupt begriffen hat.

Dann aber ist es ganz unerlässlich bei den vielfachen Berührungen der einzelnen Disciplinen unter einander, dass, wenn Einer insbesondere eine Seite der Botanik bearbeitet, in welcher chemische, physikalische u. s. w. Fragen wichtig werden, er sich dann aufs Genaueste mit den betreffenden Lehren bekannt macht; jeder Fehler, den er sonst begeht, lässt ihn in einer höchst albernen Figur erscheinen, weil rohe Ignoranz dann der alleinige Grund des Fehlers ist. Wer mitsprechen will, muss wissen, um was es sich handelt, sonst ist er ein aufdringlicher Narr im Leben wie in der Wissenschaft. So gewinnen uns alle naturwissenschaftlichen Disciplinen eine eigenthümliche Bedeutung als Hülfswissenschaften, indem sie uns für die Fortleitung des Gedankens durch Induction und Hypothese die besonderen leitenden Maximen nennen. Diese allein genügen aber nicht, sondern sowie wir weiter herabsteigen, müssen wir immer weiter und bestimmter die höchste leitende Maxime der Einheit specificiren und aus dem Zusammenhang mit dem Ganzen doch wieder auch für jeden kleinsten Kreis die leitenden Maximen entlehnen.

Suchen wir nun für die Botanik diese leitenden Maximen, d. h. die Principien der Einheit, aus welchen wir nicht die Wissenschaft construiren sollen, sondern durch welche wir uns bei der Führung der Inductionen leiten lassen sollen, so müssen wir diese natürlich ganz aus der Natur des Gegenstandes dieser Disciplin ableiten, indem wir die allgemeinsten und völlig sicher gestellten Thatsachen zusammenstellen und als Regel aussprechen. So erhalten wir folgende beide Regulative:

3. *A.* Maxime der Entwickelungsgeschichte.

Es ist die Pflanze ein lebendiger Organismus, das heisst ein bestimmt angeordnetes System von körperlichen Theilen, in denen durch ein in regelmässiger Periodicität sich selbst erhaltendes Spiel von Kräften ein beständiger Abfluss veränderlicher Zustände bedingt wird. Sie besteht also gewissermaassen aus drei Theilen, dem Thätigen der Gegenwart, den Ruinen der Vergangenheit und den Keimen der Zukunft, oder mit andern Worten, es giebt für jeden gegebenen Moment drei Betrachtungsweisen der Pflanze. Wir können sie einmal ansehen als das Resultat der vorangegangenen Veränderungen, als das Product einer lebendigen Thätigkeit,

die aber jetzt nicht mehr existirt — zweitens können wir in derselben nur den Complex in lebendiger Wechselwirkung begriffener Kräfte annehmen und eine Verbindung auf einander wirkender Organe, die zu ihrer Erhaltung sich gegenseitig Zweck und Mittel sind — endlich drittens können wir die vorhandene Thätigkeit als nur in dem Bestreben begriffen auffassen, den gegenwärtigen Zustand aufzulösen und zu vernichten, um einen zukünftigen, noch nicht vorhandenen vorzubereiten und herbeizuführen. Es ist aber für sich klar, dass jede einzelne dieser Betrachtungsweisen, und wenn sie noch so scharfsinnig und geistreich durchgeführt wird, nur ein todtes unbrauchbares Bruchstück geben kann, da uns zwei Drittheile des Lebens fehlen, dass sie daher um so sicherer auf Einseitigkeiten und Falschheiten führt, je consequenter sie verfolgt wird. Aber es ist eben so leicht einzusehen, dass von jenen drei Betrachtungsweisen in einem gegebenen Momente nur die zweite möglich ist, denn aus dem, was ist, lässt sich weder das, was war, noch was sein wird, ableiten, wenn wir nicht erst anderweitig das Gesetz des Fortschritts gefunden haben. Wir können also überhaupt nie vollständige wissenschaftliche Einsicht in einen einzelnen gegebenen Zustand erlangen, wenn wir nicht seine Ableitung aus dem vorigen und damit erst seine Bedeutung erkennen. Diese Ableitung aus dem vorigen kann uns aber wiederum nur durch Einsicht in die Gesetzmässigkeit der Ableitung möglich werden, diese uns aber nur durch eine vollständige Vergleichung der ganzen Reihe wechselnder Zustände zur Erkenntniss kommen. Mit einem Wort: die einzige Möglichkeit, zu wissenschaftlicher Einsicht in der Botanik zu gelangen, und somit das einzige und unumgängliche methodische Hülfsmittel, welches aus der Natur des Gegenstandes sich von selbst ergiebt, ist das Studium der Entwickelungsgeschichte. Alle übrigen Bemühungen haben immer nur adminiculirenden, untergeordneten Werth und führen nie zu einem sichern Abschluss auch nur des unbedeutendsten Punktes. Nur die Entwickelungsgeschichte kann uns über die Pflanze das Verständniss eröffnen, ja selbst alle Anordnung der Pflanzen kann mit Sicherheit nur geschehen, nicht durch Vergleichung einzelner Zustände, sondern ihrer vollständigen Entwickelungsgeschichten.

Das ist eigentlich für sich so klar, dass man sich wahrlich wundern muss, dass man erst in der allerneuesten Zeit anfängt es zu erkennen. Der Grund dieser langen Nacht beruht aber ohne Zweifel wieder auf der mangelhaften philosophischen Orientirung der Bearbeiter. Hätten sie die eigentliche Stellung und Bedeutung der Botanik richtig erkannt, so würden sie niemals auf den thörichten Versuch gekommen sein, das ewig Bewegte und Wechselnde aus einem einzelnen herausgerissenen Zustande begreifen zu wollen, während doch eben das eigentlich Wissenschaftliche in irgend einer Disciplin nur in dem Begreifen, in der Einsicht, nicht aber in dem bloss gedächtnissmässig Aufzufassenden liegt. Ueber die Natur des Mondes wird uns noch so intensives Anstarren einer einzelnen Phase an bestimmter Stelle nicht aufklären; würde ein neuer Planet entdeckt, so bedarf der Astronom wenigstens die Beobachtung dreier verschiedener Zustände, um Einsicht in seine Natur zu gewinnen, und doch sind hier die Verhältnisse so einfach und das Gesetz, unter das sich das Object fügen muss, ist schon im Voraus bekannt. Bei der lebenden Pflanze aber, wo die Complicationen so unendlich viel verwickelter sind, wo das Gesetz erst gesucht werden soll, glaubt man mit der Beobachtung eines vereinzelt herausgerissenen Zustandes ausreichen zu können.

Fragen wir nun nach dem Urtheil, welches die Geschichte unserer Wissen-

schaft selbst in der blossen systematischen Bestimmung und Anordnung gesprochen hat, so erkennt man sogleich, wie man Schritt für Schritt der sich aufdringenden Wahrheit hat nachgeben müssen, ohne gleichwohl den Muth zu haben, das Princip mit einem Male rein anzuerkennen und als obersten Grundsatz an die Spitze der Wissenschaft zu stellen. *Linné* wollte Alles auf die Betrachtung der blühenden Pflanze beschränken und nahm nur ungern ausnahmsweise zur Frucht seine Zuflucht. Bald musste man die Frucht ganz mit aufnehmen, aber auch zu Samen und Embryo greifen; neue Inconvenienzen, und man ging wieder auf Fruchtknoten und Samenknospe zurück wegen Abort von Fächern und Samenknospen. Die Blüthe wies auf eine Knospe und die Lage der Blätter in derselben zurück. Aber ordentlich mit Unwillen scheint man diesen Forderungen der Natur nachgegeben zu haben und es ist auch in der That mit diesem Flickwesen gar nicht viel genutzt und wir stehen Gottlob mit der Systematik jetzt fast so, dass man keine Pflanze mehr bestimmen kann, wenn man nicht die Originalexemplare neben sich hat. Jeder hat seine eigene Sprache, weil Jeder seine eigene Ansicht hat, von denen die meisten nichts taugen, weil sie nicht wissenschaftlich begründet sind. Wir haben grosse Werke genug über Gräser, ja einzelne Forscher haben ihnen fast ihr ganzes Leben gewidmet; was wissen wir von ihnen: so gut wie gar nichts; begreifen wir ihren Bau? keineswegs. Nur das eminente Naturgenie *Rob. Brown* hat auch hier einen Meistergriff gethan und den rechten Weg angedeutet, den aber keiner seiner Nachfolger betreten hat; das hätte zu viel Mühe gekostet und statt eines dicken unbrauchbaren Bandes hätte man in derselben Zeit höchstens ein dünnes, aber freilich brauchbares Schriftchen liefern können (1845). Vergleicht man neben einander liegend drei oder vier neuere Bearbeitungen der Cyperaceen, so muss dem, der sich nicht an die Ueberschrift hält, der nicht die ganze Quälerei des terminologischen Unsinns durchgemacht hat und die in Parenthesen freigebig mitgetheilten Synonyme zu Rathe zieht, nothwendig der Gedanke entstehen, die Verfasser sprächen von eben so vielen himmelweit verschiedenen Familien. Zu solchem haltungslosen Herumtappen und principlosen Hin- und Herrathen führt die Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte unvermeidlich.

Ich habe schon oben S. 45 auf einen wesentlichen Unterschied in der lebendigen Entwickelung der Pflanzen und Thiere aufmerksam gemacht, nämlich auf den Mangel an *adolescentia* bei den Pflanzen. Dies ist eben, was für uns noch bei weitem mehr als für den Zoologen das Studium der Entwickelungsgeschichte als erstes und einziges regulatives Princip an die Spitze aller unserer Bestrebungen stellt. Die Pflanze ist überall nicht ein zu einer gegebenen Zeit fertiges, völlig entwickeltes Einzelwesen, sondern besteht nur aus einer stetigen Reihe sich auseinander entwickelnder Formen und Zustände. Diese Anschauungsweise ist die allein naturgemässe und richtige und jede andere vermag die wahre Natur der Pflanze nie zu fassen. Ehe dies nicht allgemein in der Botanik anerkannt wird, werden wir nicht aus dem trostlosen Zustande herauskommen, in welchem wir uns jetzt befinden.

Unter Studium der Entwickelungsgeschichte dürfen wir aber nicht ein unmethodisches Hineingreifen in frühere Zustände verstehen, wie das leider nur zu häufig geschieht. Die Regel, an die wir uns hier binden müssen, ist, dass wir im Allgemeinen von der Flüssigkeit an bis zur Form der Zelle und von dieser bis zur Zusammensetzung derselben zu Pflanze und ihrer Organe eine solche stetige Reihe von Zuständen beobachten, dass auch durchaus keine Lücke vorhanden ist, die möglicherweise einen einflussreichen Zustand bergen könnte und durch Vermuthun-

gen auszufüllen wäre. Die ganze Reihe aller Mittelstufen muss sinnlich erfasst werden, dann erst haben wir eine sichere Grundlage für die Induction gewonnen, um die Gesetzmässigkeit der Veränderungen ableiten zu können. Jede dazwischen eintretende Lücke macht das ganze Resultat unsicher und man hat höchstens Beiträge für einen folgenden stetigen Beobachter gefunden. An diesem Fehler leiden die meisten Arbeiten *Meyen's*. So z. B. fehlen bei seinen Untersuchungen über *Viscum album* die Verfolgung des Verlaufs des Pollenschlauchs und die ganze Entwickelung des Embryobläschens zum Embryo*; *Mirbel* in seinen Untersuchungen über die Gräser** hat ebenfalls den Verlauf des Pollenschlauchs und die Entwickelung des Embryosacks von seinem ersten Erscheinen bis zum Vorhandensein eines schon ziemlich ausgebildeten Embryos übersprungen. Dadurch kam er bis zum Schluss, der Embryosack sei das Embryobläschen. Schon sechs Wochen nach Erscheinen seines Werks sah sich der wahrheitsliebende Mann gezwungen, sein Ableugnen des Embryosacks zurückzunehmen, und damit fällt seine ganze Arbeit als bedeutungslos zusammen, weil nun natürlich die Frage, auf die es hier allein ankommt, woher stammt der Embryo, wieder völlig unbeantwortet dasteht.

Diese völlige Stetigkeit der Entwickelungsreihe ist aber freilich nicht leicht zu erhalten, da es sich hier meistens um sehr kleine Gegenstände handelt, bei denen sich eine bestimmte Altersstufe im Voraus gar nicht erkennen lässt. In einem vielsamigen Fruchtknoten z. B. finden sich leicht alle Zustände vom ersten Antreten des Pollenschlauchs bis zur Abschnürung des Embryobläschens neben einander vor, aber es hängt rein vom Zufall ab, ob ich die rechten Zustände alle treffe; ich finde vielleicht bei aller Mühe den einen Tag stets nur den letzten Zustand und muss am folgenden und vielleicht noch manche Tage meine Untersuchungen aufs Neue beginnen, bis ich die vollständige Reihe beisammen habe. Hier bleibt nun kein anderes Mittel übrig, als jede verschiedene Erscheinung durch den Bleistift zu fixiren, damit man nachher alle einzelnen Zustände neben einander legen und dann durch Vergleichung in ihrer Zeitfolge einordnen kann. Deshalb ist es aber auch so unerlässlich nothwendig, dass jeder Botaniker selbst zeichnen könne; wer das nicht kann, wird auch nie etwas von Belang liefern. Ein Zeichner, und wenn man ihn auch beständig neben sich sitzen lassen könnte, kann hier nie genügend aushelfen, weil er nie weiss, worauf es eigentlich ankommt, während das doch so wesentlichen Einfluss auf Brauchbarkeit und Richtigkeit der Zeichnung hat. Ein Punkt, der hier wesentlich zu berücksichtigen sein wird, ist folgender. Wir können unsere Verfolgung der Entwickelungsgeschichte wegen des nothwendigen Präparirens in den überwiegend meisten Fällen nicht an einem und demselben Individuum fortführen. Jeden anderen Zustand müssen wir gewöhnlich einem anderen Exemplare entnehmen, und da hat man sich sehr zu hüten, dass man nicht blos individuelle Abweichungen mit zwischen die wirklichen Entwickelungsstufen einschiebt; dadurch verwirrt man wenigstens Andern den Ueberblick, oft sich selbst.

Die Entwickelungsgeschichte, wie ich hier ihre Aufgabe gestellt, ist die reichste Quelle für neue Entdeckungen und wird es noch für lange Zeit bleiben. Kaum ist noch ein einziges Organ, oder eine einzige Pflanze so vollständig, wie es

---

* *Meyen*, noch einige Worte über den Befruchtungsact und die Polyembryonie der Phanerogamen. Berlin 1840.

** *Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétable; Voy. Comptes rendus des Séances de l'académie des sciences, séance du* 18 *mars* 1839.

die Wissenschaft verlangt, in ihrer ganzen individuellen Entwickelung verfolgt worden und man kann getrost zugreifen, wo man will, und sicher sein, dass man bei treuer, redlicher und stetiger Beobachtung einen Schatz neuer Thatsachen und meist auch neue Gesetze zu Tage fördert, während das sogenannte Speculiren über halb unbekannte, halb missverstandene Thatsachen, wie wir es namentlich in der *Schelling*'schen Schule finden, die Wissenschaft mit einem Wust unbrauchbaren Geschwätzes verwirrt, und man höchstens den Erfolg hat, von einigen unklaren unphilosophischen Köpfen eine Zeitlang angestaunt zu werden, bis die gesund sich entwickelnde Wissenschaft über kurz oder lang die *materia peccans* auswirft und das närrische Zeug in die grosse Polterkammer menschlicher Thorheiten kommt.

Ich spreche hier also als allgemeines Regulativ aus: jede Hypothese, jede Induction in der Botanik ist unbedingt zu verwerfen, welche nicht durch Entwickelungsgeschichte orientirt ist.

4. *B.* Maxime der Selbstständigkeit der Pflanzenzelle.

Ich habe die Entwickelungsgeschichte obenan gestellt, weil ich die Morphologie, für welche sie die Grundlage liefert, für das eigentlich charakteristische Moment in der Botanik halten muss (vergl. oben S. 52); indess ist schon erwähnt worden, dass es auch neben der Gestaltung immer noch unsere Aufgabe bleibt, die in den chemisch-physikalischen Processen in Folge des Gestaltungsprocesses eintretenden Modificationen, also mit einem Wort das Leben der Pflanze zu erforschen. Auch hier bedürfen wir der Beobachtung und des Experiments, auch hier gewinnen diese ihre eigenthümliche Bedeutung erst durch ein aus der Natur des Objects hergenommenes methodisches Regulativ. Folgende Sätze können wir hier als unbestreitbar voraussetzen:

a. Die einfachsten, aber doch vollkommenen Pflanzen bestehen nur aus einer einzigen Zelle, z. B. *Protococcus*, *Vaucheria etc.*

b. Die anderen Pflanzen sind wesentlich ganz aus einzelnen Zellen zusammengesetzt.

c. Bei den Kryptogamen ist eine einzelne Zelle (Spore), die wenigstens bei vielen Algen und Pilzen nackt (nicht mit einem eigenthümlichen Stoff überzogen) ist, aus welcher sich die neue Pflanze ohne Zuthun eines Andern als der gewöhnlichen physikalischen Einflüsse entwickelt.

d. Bei vielen Moosen und Lebermoosen trennt sich eine als einzeln erkennbare Zelle aus dem Zusammenhang und entwickelt sich selbstständig zu einer neuen Pflanze, z. B. bei *Gymnocephalus androgynus*, *Marchantia polymorpha*.

e. Dem analog können regelwidrig eine oder mehre Zellen auch bei höheren Pflanzen aus dem Zusammenhang eines Blattes treten, für sich ein gesondertes Leben anfangen und zu einer neuen Pflanze erwachsen, z. B. *Malaxis* und *Ornithogalum*.

Diese Thatsachen genügen nun schon vollkommen, den Schluss zu begründen, dass im Wesentlichen das Leben der Pflanze im Leben der Zelle enthalten sein müsse, und selbst im Zusammenhang mit der ganzen Pflanze nie so ganz untergeordnet werde, dass es nicht unter begünstigenden Umständen wieder als ganz selbstständig hervortreten könnte; dass wir daher den vollständigen, aber einfachsten und daher verständlichsten Ausdruck des ganzen Pflanzenlebens in dem Leben der einzelnen Zelle suchen und finden müssen, dass wir das Leben der ganzen Pflanze nur als eine Modification, gleichsam als eine höhere Potenz des Zellenlebens, anzusehen haben und daher jenes natürlich nie verstehen lernen können, ehe wir

nicht dieses vollständig in die Gewalt unserer wissenschaftlichen Einsicht gebracht haben. Wenn wir es dahin gebracht haben, so müssen wir Alles vom Lebensprocess der ganzen Pflanze abziehen, was sich dann aus dem Leben der einzelnen Zelle schon ohnehin erklärt und etwa nur dadurch modificirt erscheint, dass in der ganzen Pflanze viele Zellen nebeneinander leben und dadurch mehr oder weniger aufeinander einwirken. Erst was sich nicht aus dem Zusammentreffen der Vitalitätsäusserungen der einzelnen Zellen erklären lässt, dürfen wir dann als einen eigenthümlichen Lebensact der ganzen Pflanze als solcher ansprechen und dafür aufs Neue nach eigenen Erklärungsgründen suchen.

Hier liegt nun eben in der Vernachlässigung dieses Regulativs der Grundfehler, der unsere ganze frühere Pflanzenphysiologie bis auf wenige Einzelheiten so völlig unbrauchbar gemacht hat.

Fast unsere ganze Physiologie bestand früher in einem unklaren Hin- und Herreden über die Functionen ganzer Organe und ganzer Pflanzen, aus dem gar nichts zu machen war, weil es an aller Grundlage fehlt, von welcher man ausgehen könnte. Alle die endlosen Versuche, Abhandlungen und Streitigkeiten über die Ernährung der Pflanzen, über den Athmungsprocess u. s. w. sind mit sehr seltenen Ausnahmen für die Vergessenheit geschrieben, weil alle sich mit ihren Fragen an die ganze Pflanze wenden, ehe sie wissen, wie es mit der einzelnen Zelle steht. Ich dächte es wäre aber von selbst klar, dass die in einzelnen Zellen vor sich gehenden chemischen Processe gewaltig verschiedene Resultate geben müssen, wenn wie bei *Cactus* viel Oxalsäure, oder bei Nadelhölzern viel Harz, oder bei einer Labiate viel ätherisches Oel, oder bei einer Knolle viel Stärkemehl gebildet wird, wenn die Polarpflanze Monate lang dem nie getrübten Sonnenlichte ausgesetzt ist, während bei der nahverwandten Tropenform Licht und Dunkel in regelmässiger zwölfstündiger Periode wechseln. Alle hier einschlagenden Versuche müssen ohne alle Berücksichtigung der früheren plumpen Experimente ganz von vorn angefangen werden und zwar an Pflanzen wie *Protococcus*, *Spirogyra*, *Chara* u. s. w., wo man es nur mit einer oder wenigen Zellen, die schon von Natur im Wasser leben, zu thun hat und bei denen man daher bei der grössten Erleichterung in den Versuchen die sichersten und einfachsten Resultate zu gewinnen hoffen darf.

Es ist aber schon früher bemerkt worden, dass wir so lange noch gar nichts vom Leben der Pflanze erklärt haben, so lange wir nicht die physikalischen oder chemischen Vorgänge nachgewiesen haben, auf denen dasselbe beruht. Und gerade hierfür ist es nun unerlässlich nothwendig, dass wir unsere Untersuchungen bei dem einfachsten Fall, der einzelnen Zelle, beginnen. Dass wir bei der grossen Complication der meisten chemisch-physikalischen Erscheinungen niemals ins Klare kommen werden, wenn wir hier die Sache von hinten anfangen, ist wohl von selbst klar. Dafür muss aber noch Alles geschehen und nirgends ist es lächerlicher, ein System aufzustellen, als in der Pflanzenphysiologie, wo wir noch kaum den Eingang in die Wissenschaft, geschweige denn ihre Principien und Grundbegriffe gefunden haben. Auch hier ergiebt eine genaue Prüfung des vorhandenen Materials, dass wir kaum an einigen unbedeutenden Punkten die Grundlage für eine empirische Induction gewonnen haben, also noch viel arbeiten müssen, wenn unsere Enkel vielleicht in den Stand gesetzt sein sollen, die ersten Schritte in der Wissenschaft zu machen.

Ich spreche also als zweites allgemeines Regulativ hier aus: jede Hypothese, jede Induction ist unbedingt zu verwerfen, welche nicht

darauf abzielt, die an der Pflanze vorgehenden Processe als Resultat der an den einzelnen Zellen vor sich gehenden Veränderungen zu erklären.

Alle nicht unter den angegebenen Regeln und Cautelen angewendeten Inductionen, Hypothesen und Analogien entbehren auch jedes Scheingrundes zur Bestimmung des Urtheils und haben, wenn sie auch noch so geistreich klingen, absolut gar keinen wissenschaftlichen Werth. Ich nenne sie, nach Analogie der Fictionen der Einbildungskraft, Fictionen der Urtheilskraft, oder kurz Fictionen.

5. Ich will zur Erläuterung dessen, was ich über Inductionen gesagt habe, noch einige Beispiele von Verwirrungen ausführen, die aus der falschen Anwendung der Inductionen, Hypothesen und Analogien hervorgegangen sind.

A. Falsche Induction.

Aeltere Physiologen bauten auf dem Aufsteigen des Frühlingssaftes und der Continuität des Lumens der Spiralgefässe und porösen Röhren ihre Theorie der Bewegung der Nahrungsflüssigkeit, deren Nothwendigkeit auch nur in Folge einer unhaltbaren Analogie mit den höheren Thieren postulirt wurde; dabei setzten sie stillschweigend voraus, dieselbe Erscheinung, dieselben Organe würden sich bei weiterer Untersuchung auch wohl bei den übrigen Pflanzen finden. Tausende von Pflanzen sind seitdem untersucht, die keine Spur von jenen sogenannten Gefässen zeigen, die keine Andeutung eines solchen Aufsteigens der Säfte geben, noch mehr sind einzelne Pflanzentheile und darunter zum Theil die wichtigsten, z. B. Samenknospe und Staubbeutel bekannt geworden, die oft gar keine, oft nur wenige und bis zum eigentlichen *Punctum saliens* gar nicht hinreichende Gefässe haben, gleichwohl muss in ihnen allen eine lebhafte Fortbewegung des Saftes stattfinden, weil sie vegetiren und eigenthümliche Stoffe bilden, neue Zellen entwickeln u. s. w.; ja selbst bei den ganz im Wasser wachsenden Fucoideen bleibt, was man ganz übersehen hat, die Frage nach der Art der Saftbewegung stehen, da doch nur die äussersten Zellen unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen. Weit entfernt aber, dass man nun die ältere Theorie, die ihre Begründung und ihren Sinn ganz verloren hatte, fallen liess und nach neuen Bahnen suchte, hat man sich seitdem auf die wunderbarste Weise bemüht, die neuen widersprechenden Thatsachen zurechtzuzerren und mit dem alten Vorurtheil zu verknüpfen. Die ehrlichsten Pflanzenphysiologen haben zwar noch die Capitelüberschrift von der Saftbewegung in den Pflanzen, sie sprechen aber im ersten §. von dem Holzkörper, im zweiten §. vom Holzkörper der Dikotyledonen, und im dritten erfährt man endlich, dass ihrer Ansicht nach in der Linde, die gerade vor ihrem Fenster grünt, der Saft in den porösen Gefässen des Splintes aufsteige, von den übrigen 119,999 Pflanzen auf der Erde ist nicht weiter die Rede, die mögen sehen, wie sie sich selber helfen.

Der Fehler ist hier leicht zu sehen. Wir schliessen aus vielen Fällen auf Einheit der Regel, unter der Voraussetzung, dass die andern Fälle sich auch unter die Regel fügen werden. Aber man vergass, dass schon ein einziger Fall, der sich der Regel entzieht, derselben allen Werth raubt.

B. Falsche Hypothese.

Am verderblichsten für die Fortbildung der Botanik hat eine falsche Ansicht gewirkt, die, von *Dupetit Thouars* ausgegangen, bis auf den heutigen Tag noch die Botaniker verwirrt. Ich meine die Ansicht, dass die Knospen (und Blätter) die Ursprünge des Stammes wären, dass die Verdickung des Stammes und seine neuen Gefässbündel die herabsteigenden Wurzeln der Knospen seien. Es ist nicht wohl

nachzukommen, ob *Thouars* noch durch etwas Anderes, als durch den bekannten Erfolg des Ringelschnitts an der Rinde zu seiner Annahme geführt worden ist, so viel aber ist klar, dass es eine ganz leere, durch nichts gestützte Fiction ist, denn über den Ursprung der Theile kann nichts als eine Verfolgung der Entwickelungsgeschichte Aufschluss geben und die giebt hier das Gegentheil an die Hand. Wie blind sich Viele in dies angelernte Vorurtheil festgerannt haben, zeigt sich auf die schlagendste Weise in einem Aufsatz von *Georg Gardner* (*Ann. and Mag. of. Nat. Hist. Sept.* 1840 *p.* 61), wo es heisst: »Man braucht nur einen Längsschnitt eines Palmenstammes mit seinen Blättern anzusehen, um sich, und wäre man der grösste Skeptiker, zu überzeugen, dass die Holzsubstanz (die Gefässbündel) von den Blättern gebildet werde.« Es ist gerade dasselbe, als wenn ich behauptete, man könnte einem ausgespannten Faden auf den ersten Blick ansehen, ob das obere oder untere Ende zuerst befestigt sei.

Der Fehler ist hier, dass die Hypothese nicht orientirt ist gegen leitende Maximen, namentlich die Maxime der Entwickelungsgeschichte; darüber, wie etwas geworden, giebt nur die Verfolgung des Vorgangs selbst Aufschluss.

C. Fehlerhafte Analogie.

Ein wichtiges Beispiel, welches einen ganz allgemeinen, auch in den Schriften der besten Bearbeiter vorkommenden Fehler betrifft, ist der Schluss aus der angeblichen Analogie zwischen Thieren und Pflanzen, der ganz und gar nur ein logischer Fehler und in der Unbekanntschaft mit der Bedeutung und dem Werth der Analogie begründet ist. (Vergl. *Fries* System der Logik S. 463.) Der Schluss müsste hier ausgeführt z. B. so lauten:

a. Thiere sind organische Wesen.

b. A l l e T h i e r e p f l a n z e n s i c h d u r c h g e s c h l e c h t l i c h e Z e u g u n g f o r t.

c. Also werden sich wohl alle organische Wesen durch geschlechtliche Zeugung fortpflanzen.

d. P f l a n z e n s i n d o r g a n i s c h e W e s e n.

e. Also findet bei der Fortpflanzung der Vegetabilien geschlechtliche Zeugung statt.

So aufgelöst ist leicht einzusehen, dass erstens der Satz *b* wenigstens für den jetzigen Stand der Wissenschaft materiell falsch ist, zweitens dass der erste Schluss gar nicht concludent ist, denn ich kann wohl von vielen Theilen einer Sphäre auf die ganze mit Wahrscheinlichkeit schliessen, aber nicht, wo nur zwei Glieder sind, von dem einen aufs Ganze, da mir ja kein Regulativ gegeben ist, wonach ich beurtheilen könnte, ob das, was ich durch diesen Schluss vom Artbegriff auf den generischen übertragen will, nicht gerade eine specifische Differenz der beiden Glieder begründet. Ganz dieselbe Form haben aber alle die Schlüsse, wo in botanischen Schriften von der Analogie mit den Thieren die Rede ist. So hat also in allen diesen Fällen der Schluss aus Analogie nicht etwa nur einen untergeordneten Werth, sondern geradezu gar keinen, und ist selbst entschieden schädlich, weil er eine durchaus schiefe Ansicht der ganzen Sache veranlasst.

6. Es wird hier am Orte sein, überhaupt etwas über den Werth der vergleichenden Betrachtung der Naturkörper zu sagen, deren Werth weit überschätzt ist, weil man die logische Bedeutung derselben verkannte. Wir haben eine Zeit erlebt, wo sich diese verkehrte Anwendung der vergleichenden Anatomie bis zu der unsinnigen Behauptung hinaufgeschroben hatte, dass der Mensch in seinem indivi-

duellen Entwickelungsprocess nach und nach alle unter ihm stehenden Thierclassen durchlaufe. Solche Irrwege waren nur dem möglich, der sich durchaus im Voraus keine Rechenschaft gegeben hatte, was die vergleichende Anatomie eigentlich leisten könne und solle.

Wenn wir organisirte Naturkörper unter einander vergleichen, so kann es uns nicht entgehen, dass Form und Leben bei einigen einfacher, bei andern zusammengesetzter erscheint. Es ist aber schon ein ganz falscher Ausdruck, wenn wir dafür die Worte unvollkommen und vollkommen, niedrige oder höhere Entwickelungsstufe gebrauchen. Dieser Ausdruck hat nämlich keine wissenschaftliche Schärfe, sondern ist nur ein bildlich veranschaulichender. Wenn eine Conferve bestimmt wäre ein Eichbaum zu sein, so wäre sie freilich sehr unvollkommen; sie soll aber eben nur eine Converfe sein und ist, wenn sie gesund entwickelt ist, als Converfe vollkommener als eine verkrüppelte Eiche. Gleichnissweise mögen wir aber das Einfachere das Unvollkommnere nennen, obwohl das Gleichniss umgekehrt sich eben so gut durchführen liesse. Bleiben wir uns aber bewusst, dass das Ganze nur ein Gleichniss ist, so versteht sich von selbst, dass uns die Vergleichung der sogenannten niedern Organismen mit den höheren nie Resultate gewähren kann, die für den individuellen höhern Organismus gültig wären; denn solche Resultate können eben nur aus der Erforschung des höhern Organismus selbst gewonnen werden. Es bleibt uns also die Frage, welchen wissenschaftlichen Werth hat denn überall die vergleichende Betrachtung der organischen Wesen? Mir scheint die Antwort sehr nahe zu liegen: sie giebt uns leitende Maximen für die Untersuchung der einzelnen Naturkörper an die Hand und dient somit der Methode. Wir brauchen dafür nur ihre grossartigste Anwendung zu betrachten. Die genauere vergleichende Zusammenstellung musste bald darauf führen, dass an der Stelle einfacher Formen, einfacher Processe in einem Organismus, in einem andern zusammengesetztere sich zeigen, dass die einfachsten Wesen sich dadurch, dass man gleichsam für jedes Einfache zwei Factoren setzt, als deren Product es erscheint und dann bei den Factoren so fortfährt, zuletzt zu den verwickeltsten Complicationen überführen lassen. Dies war es auch, was das Gleichniss von der Entwickelung des Vollkommneren aus dem Unvollkommneren annehmbar erscheinen liess. Dieses Gleichniss ist aber eben nichts Anderes, als die in neuerer Zeit erst in ihrer ganzen Wichtigkeit anerkannte leitende Maxime: die Bedeutung und das Wesen eines Organismus oder eines Organs kann nur aus seiner Entwickelungsgeschichte oder daraus erkannt werden, wie aus dem einfachen Keime das vielfach zusammengesetzte Geschöpf geworden ist.

So wie es nun hier im Allgemeinen ist, so auch im Einzelnen. Die vergleichende Betrachtung ist niemals ausreichend zur Begründung irgend eines Satzes, wodurch ein gegebener Naturkörper in seiner individuellen Natur bestimmt werden soll, wohl aber wird sie meistens uns Fingerzeige geben, sei es Warnung vor Irrwegen, sei es Hindeutung auf den richtigen Weg, sei es Anleitung, wie er am sichersten zu betreten, kurz leitende Maximen, wie und wo wir am sichersten die Aufklärung des fraglichen Punktes bei dem gegebenen Naturkörper zu suchen haben*.

7. Endlich muss ich, wenn auch widerstrebend, noch auf einen wichtigen Punkt eingehen, der die schwärzeste Schattenseite unserer gegenwärtigen Botanik ausmacht und zwar aus dem Grunde, weil dabei niemals an die Anwendung der Induction gedacht ist und ein geistloses Wortemachen sich geltend gemacht hat, welches wahrlich alle Grenzen überschreitet, ich meine die Terminologie. Kaum aber kann man diesen Punkt in der Botanik berühren, ohne sich über das gänzlich

* Die Anwendung der vergleichenden Methode zur Anordnung der Naturkörper gehört nicht hierher und versteht sich von selbst, da ich überall nicht zwei Körper als zusammengehörig hinstellen kann, wenn ich sie nicht vergleiche.

unwissenschaftliche, wahrhaft widerliche Treiben, das in dieser Beziehung in der Botanik herrschend geworden ist, in derbe Bitterkeiten zu ergiessen. Wahren Unsinn und kindische Spielerei mit Wortemachen hat man unter einem griechischen Namen Terminologie als eine wissenschaftliche Disciplin hingestellt. Jeder meint hier das Recht zu haben, um seiner Eitelkeit zu fröhnen, wenn er nichts Besseres leisten kann, wenigstens neue Worte in die Wissenschaft einzuschieben, ja selbst Männern von Talent scheint oft die Wissenschaft ganz in ein leeres philologisches Spiel sich verkehrt zu haben. Man kann dreist behaupten, dass nur wenige ausgezeichnete Männer wie *Rob. Brown* einen richtigen Begriff von dem haben, was eigentlich Terminologie in der Wissenschaft sei. Er, von dem wir sagen können, dass er mehr in der Wissenschaft geleistet, als die meisten Botaniker, die je gelebt, hat Alles mit der bekannten Terminologie ausgerichtet und selten ein neues Wort gebraucht, und die untergeordnetsten Geister muthen uns zu, für die bekanntesten Dinge eine barbarische und unnütze Sprache zu lernen, um zuletzt zu erfahren, dass Alles auf leere Worte hinausläuft. Dass die Botanik eigene Begriffe hat, dass sie diese bezeichnen müsse, ist gewiss; aber dass diese Bezeichnung nur dann an ihrem Ort ist, wenn wirklich ein neuer Begriff festzuhalten ist, und dass deshalb Alles auf die Begriffsbildung ankommt, ist eben so gewiss. Mit dem Begriff steht und fällt sein Zeichen, das Wort. Meist ist aber von wissenschaftlichen Begriffen bei den Botanikern gar nicht die Rede, die wesentlichsten Dinge: Wurzel, Stengel, Blatt, Blüthe u. s. w. schweben ihnen nur in schematischer Undeutlichkeit vor und ich behaupte, dass unter den Büchern, die mir bekannt geworden, nicht ein einziges ist, in welchem diese Worte nicht in einem Sinne gebraucht werden, der der eigenen Erklärung des Verfassers widerspricht. Meistens werden statt gründlicher Begriffsentwickelungen und strenger Definitionen halbfertige Erörterungen hingeworfen, man bespricht diese oder jene Eigenthümlichkeit eines Dinges, die einem gerade gegenwärtig ist, und damit ist's gut. Finden wir nicht z. B. die Definition: »Naturgeschichte ist die Lehre von den natürlichen Körpern, sofern sie symmetrisch sind«; kann man etwas Oberflächlicheres sich denken? warum nicht lieber die Krystalle bei der Geologie untergebracht und dann gesagt: »sofern sie rund sind oder sofern sie sich bewegen oder sofern sie aus nass und trocken bestehen«, Alles eben so richtig und eben so nichtssagend. Oder: »ein organischer Körper ist ein solcher, der sich selbst bildet, erhält und zerstört, ein unorganischer beharrt in demselben Zustande ohne Bildung«. Hat der Mann etwa ein Kind ohne Mutter sich bilden sehen, ohne Nahrung und Atmosphäre und alle die tausend chemisch-physikalischen Einflüsse von Aussen leben lassen u. s. w. oder hat er gesehen, wie ein Werkmeister die Salzlauge zum Krystall zusammenknetet oder an einen gebildeten Krystall neue Tafeln ansetzt und zur Krystallvegetation zusammenleimt? »Ein organischer Körper ist lebend, denn er bewegt sich durch eigene Kräfte.« Ist denn die Grundkraft der Masse, die Mutter aller Bewegungen, die Gravitation etwa keine eigene Kraft, und was wäre dann Leben anders als das Todte und todt anders als das allein wahrhaft Lebendige, der Geist, denn er bewegt sich gar nicht, weil für ihn in seiner Selbstständigkeit kein Raum gilt. Nichtssagende Worte findet man aller Ecken und Enden, man mag aufschlagen, wo man will. »Wurzel,« definirt Einer, »ist Alles, was an der Pflanze abwärts, d. h. unter einer Horizontalfläche fortwächst«; kurz vorher bestimmt derselbe das Spargelrhizom, das stets unter der Erde fortwächst, als Stengel und die reifenden Früchte von *Arachis hypogaea*, die sich in den Boden einwühlen, wird der Verfasser doch wohl nicht zu den Wurzeln rechnen.

Eben bei dieser schematischen Trübheit fehlt es denn auch an aller Auffassung der wesentlichen Merkmale und Sonderung derselben von den unwesentlichen Nebenbestimmungen. Sowie irgend Einer eine kleine Verschiedenheit auffasst, wird das gleich festgehalten und, als wäre ein neuer Begriff da, ein neues Wort

erfunden. Welche tolle Synonymik hat allein der Begriff des Stengels aufzuweisen. Da ist *cormus*, *caulis*, *scapus*, *caudiculus*, *rhizoma*, *pedunculus*, *receptaculum*, *discus*, *lecus*, *torus etc.* und mit allen diesen Ausdrücken bleiben die wahrhaft wesentlichen Verschiedenheiten noch unbezeichnet. Für den allerwichtigsten Unterschied des Stengels mit entwickelten und unentwickelten Internodien, mit geschlossenen und ungeschlossenen Gefässbündeln haben wir keine Ausdrücke. Eben so werden auf der andern Seite aus demselben Grunde Dinge, die ganz verschieden sind, mit demselben Namen bezeichnet. *Ovarium* und *discus* bezeichnet ebensowohl Stengel als Blatt, *albumen* bezeichnet ebenso den *nucleus* der Samenknospe wie die Füllmasse des Embryosacks, *radix* bezeichnet Stengel- und Wurzelorgane und wiederum die ächte Wurzel und die Adventivwurzeln, die in ihrer Entwickelungsweise himmelweit verschieden sind u. s. w. Ein wahrhaft grauenhafter Unsinn ist unsere Fruchtterminologie; die unwesentlichsten Modificationen haben oft zehn eigene Namen, wesentliche Verschiedenheiten sind unbezeichnet. Wir haben Botaniker, deren ganze Weisheit beinahe im Anfertigen neuer griechischer Wörter besteht. Dazu kommt nun noch der gänzliche Mangel an Uebereinstimmung im Gebrauch der Worte, besonders der Adjectiven *.

Fragen wir nach der Ursache der ungeheuren Fortschritte, welche in den letzten 50 Jahren die Chemie gemacht, so wird Jeder, der die Wissenschaft kennt, gestehen, dass einen wesentlichen Antheil daran der Umstand habe, dass die Chemiker mit eiserner Strenge an die Ausbildung einer consequenten wissenschaftlichen Terminologie sich gehalten haben. Fragen wir den Zoologen, warum sein Studium so viel weiter gediehen ist, als die Botanik; weil er nicht sein halbes Leben darauf verwenden muss, um 100 Worte für dieselbe Sache auswendig zu lernen, während der Botaniker vor lauter leeren Namen und Worten nicht zur Sache kommt. Würde Einer den Zoologen nicht für närrisch halten, der den Hals nicht Hals nennen wollte, weil er 10 Wirbel hat und nicht wie der menschliche 7, wenn er die vierfingerige Hand von der fünffingerigen durch ein anderes Wort unterscheiden, oder den Flügel der Fledermaus mit demselben Wort bezeichnen wollte, wie den des Schmetterlings. In der Botanik geschieht dergleichen täglich, ohne dass man sich darüber wunderte. Endlich kommt noch dazu, dass die philologische Wortklauberei sich so ganz bei den Botanikern festgesetzt hat, dass jedes lateinische Wort, welches in einer Beschreibung gebraucht ist, gleich zum wissenschaftlichen Terminus gestempelt wird und wir mit saurer Mühe statt Botanik in Vorlesungen und Büchern einen Auszug aus *Scheller's* Lexikon erhalten **. Sollen wir aus diesem Wust herauskommen, so muss vor Allem sich besonders bei den ausgezeichneten Männern, welche als Führer uns vorangehen, der bescheidene Sinn *Rob. Brown's* geltend machen, welcher sich stets, oft fast zu ängstlich, an die Leistungen seiner Vorgänger anschloss und nur fallen liess, was entschieden materiell unhaltbar war, und nur neue Worte brauchte, wo entschieden neue Dinge zu bezeichnen waren. Dann aber müssen wir das Grundprincip des grossen *Linné* wieder aufnehmen, wo

* *Secale cereale:*
Spica simplex, rachis inarticulata, *Kunth* Agrostographie.
Spica composita, rachis articulata, *Nees v. Esenbeck Genera plantarum.*
Sollte man wohl meinen, dass beide Männer von derselben Pflanze und einer Pflanze sprechen, die seit Jahrtausenden bekannt ist?

** In *Endlicher* und *Unger* Gdz. der Bot. kommt der Satz: »*x* ist schmal (*angustus*) oder breit (*latus*), lang (*longus*) oder kurz (*brevis*) u. s. w.« 6mal vor; »*x* ist aufrecht (*erectus*) oder aufsteigend (*ascendens*) oder steif (*strictus*) u. s. w.« 7mal; der Satz: »*x* ist länglich (*oblongus*) oder eiförmig (*ovalis*) oder elliptisch (*ellipticus*) u. s. w.« 13mal, eben so oft die Ausdrücke für Linienformen (*filiformis*, *triangularis etc.*) und für Körperformen (*campanulatus*, *turbinatus etc.*). Die Ausdrücke über Randtheilungen (*crenatus*, *serratus etc.*) kommen 8mal. Der Satz: »*x* kann häufig (*copiosus*) oder selten (*rarus*) oder sehr selten (*rarissimus*) u. s. w. sein«, sogar 5mal auf 2 Seiten u. s. w. Ein unzweifelhafter Vorzug der »Grundzüge« vor jedem lateinischen Lexikon, worin alle diese Ausdrücke doch nur 1mal ins Deutsche übersetzt werden.

wesentlich nur Ein Begriff ist, auch nur Ein Substantivum zu gebrauchen und die Modificationen desselben durch Adjectiva auszudrücken*. Nicht blos unter den Naturkörpern, auch unter den Begriffen giebt es Geschlechter und Arten. Aber, wird die Frage entstehen, wie lernen wir das Wesentliche vom Unwesentlichen unterscheiden, Identisches als solches kennen und wirkliche Verschiedenheiten auffassen? Die Antwort ist sehr einfach. Jeder Begriff ist eine Regel und seine Sphäre umfasst die Fälle, die unter der Regel stehen. Alle Regeln haben wir aber in der Botanik inductorisch zu begründen: *Syllogismus ex propositionibus constat, propositiones ex verbis, verba notionum tesserae sunt. Itaque si notiones ipsae (id quod basis rei est) confusae sint et temere a rebus abstractae, nihil in iis, quae superstruuntur, est firmitudinis. Itaque spes est una in inductione vera. Baco von Verulam nov. organ.*

Hier ist aber zweierlei scharf zu unterscheiden. Es giebt nämlich zwei ganz verschiedene Classen von Kunstausdrücken je nach dem Zweck, für welchen sie aufgestellt werden. Zur Lösung der vorbereitenden Aufgabe in der Botanik (vergl. S. 49 ff.) bedürfen wir der Sprache und also der Worte, und hier giebt es nur ein einziges Gesetz für den Gebrauch derselben, welches sich leicht als Postulat aufstellen lässt, dem zu folgen aber nur Gabe des Talents ist. Die Beschreibung einer Pflanze soll nämlich ihrer Erkennung dienen und muss daher möglichst anschaulich sein. Alle Anschaulichmachung beruht aber immer auf bildlicher Redeweise, auf Hypotypose, und dafür kann nur der ästhetische Takt in Anspruch genommen werden, welchen nicht Jeder besitzt. Zunächst werden wir hier immer die Ausdrücke aus der reinen Anschauung, aus der Mathematik entlehnen und so weit dies möglich ist, haben die Worte noch fast ganz bestimmte Bedeutung. Dreieckig, viereckig, kegel-, kugelförmig, cylindrisch, prismatisch, sind solche ganz bestimmte Ausdrücke, die keiner Definition bedürfen, weil sie anschaulich sind und doch bestimmt bezeichnen, weil sie in reiner Anschauung bei Jedem auf gleiche Weise gebildet werden. Daneben stellen sich die Grössenbestimmungen, die schon unbestimmter werden, weil sie meistens relativ gebraucht werden und ihre Bestimmung nur in Beziehung auf ein angenommenes Grundmaass liegen kann. Aber weit reichen wir mit diesen mathematischen Bezeichnungen nicht und dann bleibt uns nichts übrig, als rein bildliche Ausdrücke zu wählen. Hier kann dann aber nur der Takt den Einzelnen leiten und Niemand ist hier durch seinen Vorgänger gebunden, wenn er ein besser bezeichnendes Wort zu finden weiss.

Ganz anders ist es aber mit den eigentlich botanischen Kunstwörtern. Sie bezeichnen eben bestimmte Begriffe in der Wissenschaft. Diese sind inductorisch aus der Natur des Gegenstandes abzuleiten; sie binden, so lange die Gültigkeit der Induction, durch welche sie gebildet wurden, nicht angetastet wird, unbedingt Jeden, der als Mitarbeiter in der Wissenschaft auftreten will, und es ist Leichtsinn, hier mit den Worten zu spielen und ohne Grund neue Worte einzuführen, feststehende Begriffe abzuändern, ohne diese Aenderung durch hinlängliche Induction zu stützen. Insbesondere ist hier hervorzuheben, dass unsere Wissenschaft Botanik heisst und sich mit Pflanzen beschäftigt, nicht aber Wörter klaubende Philologie. Botanische Begriffe sind der Inhalt unserer Wissenschaft und Wörter nur die an sich gleichgültigen Zeichen für dieselben. Nur Grossthuerei und Pedanterie werden hier ein recipirtes Wort blos deshalb abschaffen, weil es etwa einem griechischen oder lateinischen Wortkünstler nicht genehm ist. Wenn aber gar Worte, die seit Jahrhunderten in der Wissenschaft zur Bezeichnung eines bestimmten Be-

* Ein gewiss zu beherzigender Vorschlag wäre hier noch zu machen, der uns von vielem Wirrwarr befreien würde, dass nämlich die ausgezeichnetern Botaniker übereinkommen möchten, aus der Terminologie alle die Worte streng zu verbannen, die in der Zoologie einen bestimmten Begriff haben, denn es ist leider nur zu gewiss, dass es bei Weitem mehr Menschen giebt, die nach blossen Worten, als solche, die nach Begriffen denken.

griffs allgemein anerkannt und unangetastet eingebürgert sind, aus etymologischer Kleinigkeitskrämerei nicht etwa abgeschafft, sondern beibehalten, aber mit einem ganz andern Begriffe verbunden werden, so heisst das geradezu dem gesunden Menschenverstande ins Gesicht schlagen und absichtlich Verwirrung in die Wissenschaft bringen, man müsste denn des bescheidenen Glaubens sein, dass, weil man es einmal ausgesprochen, alle übrigen Botaniker sich beeilen würden, ihre Werke darnach umzuarbeiten. Beispiele werden für das Gesagte leider im Ueberfluss im Verlauf dieses Werks vorkommen.

Richtige inductorische Ableitung der Begriffe und unabänderlich feste Bezeichnung der richtig gebildeten ist die nothwendige und unabweisbare Bedingung, wenn die Wissenschaft fortschreiten und statt mit Wörtern zu spielen Einsicht und Erkenntniss fördern soll.

8. Ich will nun schliesslich noch einige Bemerkungen über die öffentliche Darlegung der in der Wissenschaft gewonnenen Resultate geben, wobei auch Manches anders sein sollte, als es ist.

Ganz unwillkürlich richtet man an manches Buch die Frage: warum bist du denn da? Wenn man nun dadurch sich an die Vorrede gewiesen fühlt und diese nachliest, so findet man sicher eine treffliche Auseiandersetzung von der Zeitgemässheit oder dem allgemein gefühlten Bedürfnisse entweder der Sache selbst, oder doch dieser für eigenthümlich ausgegebenen Form und Einkleidung. Man bleibt aber häufig bei dem Argwohn stehen, dass das eigentlich zwingende Bedürfniss für den Verfasser ein rein subjectives gewesen sei. Doch um diesem Argwohn zu entgehen, ist eben die Vorrede geschrieben und damit der Kritik das Recht gegeben, alle ihre ernsten Ansprüche an das Buch geltend zu machen. Nun glaube ich wird mir gewiss Jeder, der sich durch unsere neuere botanische Literatur durchgearbeitet hat, recht gern eingestehen, dass die Hälfte aller erschienenen Bücher nicht nur ohne Verlust, sondern etlicher schwacher Seelen willen, die noch an den gedruckten Buchstaben glauben, sogar mit Gewinn für die Wissenschaft ungeschrieben geblieben wäre. Wenigstens noch ein Viertheil kommt dazu, die einen oder den andern guten Gedanken, der in zwei Zeilen zu sagen gewesen wäre, in einer geschmacklosen Brühe durch ganze Bände hindurchziehen, und endlich von dem letzten Viertheil, die auch materiell wirklich viel Gutes bringen, sind noch viele, die es in einer so traurigen Form vorbringen, dass man den Verfassern allen Beruf zur Schriftstellerei absprechen muss. Wenn der Engländer in einer einfachen Zeitungsanzeige seine Muttersprache verunstaltet, so trifft ihn öffentliche Verhöhnung und Spott; wir Deutsche dagegen, kaum erst vom Unsinn des scholastischen Latinismus genesen, glauben uns wenigstens das Recht vorbehalten zu müssen, in unsern wissenschaftlichen Büchern Mustersammlungen zum Corrigiren für deutsche Sprachschüler zu liefern; von halbwegs blühendem, schönem Styl ist ohnehin selten die Rede. In dieser Beziehung sind uns Engländer und Franzosen unendlich voraus, bei denen man stets eine correcte, gebildete und schöne Sprache findet, während wir in unserer albernen Nachäfferei eher fünf fremde Sprachen richtig lernen, ehe wir unsere eigene Muttersprache nur erträglich reden und schreiben können *.

* *Endlicher* führte äusserst zweckmässig für das schlechte Wort »*ovulum*« das Wort »*gemmula*« in die Kunstsprache ein. In den Grundzügen der Bot., wo er mit philologischer Kleinigkeitskrämerei das seit Jahrhunderten eingebürgerte Wort »*pericarpium*« wegen etymologisch mangelhafter Zusammensetzung verwirft, übersetzt er »*gemmula*« durch »Keimknospe«. »Keim« bezeichnet aber im Deutschen den »*Embryo*«, »Knospe« den unentwickelten Zustand irgend eines Organs, welches letztere zur nähern Bezeichnung dem Wort »Knospe« vorgesetzt wird, z. B. Blattknospe, Blüthenknospe. — Die »*gemmula*« ist aber nicht im allerentferntesten die Anlage zum Embryo, und der grosse Philologe versteht seine eigene Muttersprache nicht oder hat nicht Achtung genug vor derselben, um ihr eben so viel Nachdenken zu schenken, wie irgend einer längst begrabenen todten Sprache.

Insbesondere will ich hier noch auf eine widerliche Geschmacklosigkeit aufmerksam machen, welche zumal den Botanikern anklebt. Es ist dies das Hervortreten der eigenen völlig gleichgültigen und unbedeutenden Persönlichkeit des Schriftstellers und seiner alltäglichen und trivialen Lebensereignisse. Für wissenschaftliche Arbeiten kann man nicht leicht eine unpassendere und unschönere Form erdenken, als die vertrauten Briefe, durch welche man erfährt, dass der Verfasser als Student arm war, was doch Niemand interessirt als die Commission der Freitische, oder dass er bei seinen botanischen Excursionen viel Forellen gegessen, wo sie am besten, wo am theuersten gewesen und dergleichen mehr, wodurch besonders die pflanzengeographischen Berichte in der Flora sich auszeichnen. Wenn uns in der grossartigen Scenerie der Cordilleren plötzlich die Persönlichkeit eines *Humboldt* lebendig entgegentritt, so lassen wir uns gern vom geraden Wege der Forschung für eine Zeitlang ablenken, es ist ein *Humboldt*, der uns begegnet, eine Staffage, welche auch die grossartigste Natur noch hebt. Denen aber, die nachahmend Styl und Manier *Humboldt's* wiederzugeben suchen, kann man nur mit Virgil zurufen: *quod licet Jovi non licet bovi.*

Aber auch abgesehen von der Sprache ist's in vielen Büchern eine leidige Noth mit der Form. Wie wenige Schriftsteller, die ihren Stoff denkend bewältigt haben, die klar und besonnen Thatsache und Raisonnement, Induction und Polemik, Lehre und Geschichte neben einander zu ordnen wissen, bei denen nicht alle diese Elemente verwirrend durcheinander laufen. Welche Mühe kostet es nicht oft auch bei Männern von berühmten Namen herauszufinden, was sie wollen, was denn eigentlich ihre Meinung über einen bestimmten Gegenstand sei; da werden Gründe für und wieder eröffnet, dann etwas Geschichte mitgetheilt, dann ein Schriftsteller widerlegt und vielleicht gleich darauf einige für ihn sprechende Thatsachen beigebracht, und endlich ist man am Ende und sucht vergebens nach einem Urtheil des Verfassers; nicht als ob er gerade durchaus entscheiden sollte, aber auch nicht einmal eine Erklärung darüber findet man, ob er die Sache für spruchreif hält oder nicht und wie die eigentliche Aufgabe scharf zu fassen sei. Oft kann man selbst den Argwohn nicht unterdrücken, dass der Verfasser absichtlich sich hinter dieser Verwirrung verstecke, damit man ihn nicht bei irgend einer bestimmten Ansicht festhalten könne. Insbesondere aber wird das ewige Wiederholen all des alten historischen Wustes lästig. Dem in die Wissenschaft Eingeweihten ist es unnütz und langweilig, dem Schüler zeitraubend und verderblich, weil er vor lauter guten und schlechten Meinungen der Schriftsteller gar nicht zur Sache selbst gelangt. Auf jeden Fall sollte bei guter Anordnung des Stoffes das Dogmatische vom Historischen gänzlich getrennt sein, obwohl ich überhaupt nicht einsehe, weshalb man es aus den Lehrbüchern nicht ganz herauswirft. Wo fällt es denn dem Zoologen, dem Mineralogen, dem Chemiker und Physiker ein, bei jeder Einzelheit die Literatur dreier Jahrhunderte wieder mit einzuschwärzen und dem Leser für frische Waare zu verkaufen? Besonders verwerflich ist aber das endlose Wiederholen längst abgethaner Irrthümer mit allen Gründen und Gegengründen. Diese gehören nicht der Darstellung der Sache und selbst nicht einmal der Geschichte der Wissenschaft an (indem diese nur die fortschreitende Entwickelung der Lehren zu geben hat), sondern lediglich der Geschichte des menschlichen Geistes, insofern hier auch von seinen Verirrungen Rechenschaft zu geben ist. Ich habe schon erwähnt, wie wir eine Menge Bücher besitzen meistens von jüngeren Leuten, in welchen Eine aufgefundene Thatsache, Ein neuer Gedanke gemissbraucht wird, um mit Hülfe tüchtiger Compilation ein ganzes Buch zu fabriciren und in Umlauf zu bringen; gewöhnlich soll dann die matte Entschuldigung, dass das Eigenthümliche überhaupt in der neuen Anordnung des Stoffes liege, die Dürftigkeit des materiell Brauchbaren entschuldigen. Aber wie traurig würde man da getäuscht werden, wollte man sich darauf einlassen. Von allen unsern Handbüchern weiss ich ausser *Linné's Philosophia*

botanica fast kein einziges, welches auf das Prädicat einer consequenten systematischen Einheit und einer durchdachten formellen Durcharbeitung und Anordnung des Stoffes Anspruch machen könnte, und zwar ohne dass dieser Mangel aus der Mangelhaftigkeit des Stoffes vom Verfasser selbst gerechtfertigt würde, der im Gegentheil sich stellt, als sei die Wissenschaft schon fertig und vollkommen in seinem Besitz. Auch bei den bessern Schriftstellern findet sich die unglückselige Leidenschaft, sich nicht mit dem zu begnügen, was man wirklich leisten kann, sondern auch hier der angeblichen Vollständigkeit wegen das aufzunehmen, worüber man nichts weiss. Die Sucht, über Alles eine Meinung zu haben und zu äussern, man könnte wohl sagen, die Monomanie, Systeme zu schreiben, wo wir uns sagen sollten, dass wir von dem ganzen zu bearbeitenden Felde noch nicht den hundertsten Theil übersehen, hat viel Noth und Leid in unsere Wissenschaft gebracht. Aber man bringe einmal einen Irrthum wieder aus der Wissenschaft heraus, der erst durch hundert gedruckte Bücher durchgegangen, das ist fast schwerer, als die ganze Wissenschaft neu erfinden.

»Besonders macht sich das Falsche dadurch stark, dass man es mit oder ohne Bewusstsein wiederholt, ob es wahr wäre«*.

Insbesondere traurig ist es, dass so viele Deutsche, statt selbst etwas Tüchtiges zu leisten, nur fremde Werke** ins Deutsche übersetzen, was bei den französischen zumal doch eine ganz überflüssige Arbeit ist, denn welcher nur irgend auf Bildung Anspruch machende Deutsche verstände nicht so viel französisch, um solche Bücher im Original lesen zu können? Und was wird damit gewonnen? Nur zu häufig sind solche Sachen weit hinter dem Stand der gründlichen deutschen Wissenschaft zurück oder sie geben eben nur die Resultate deutscher Arbeiten, selbst bis auf die Copien deutscher Zeichnungen, obwohl etwas später wieder und der demüthige Deutsche empfängt nun dankbar aus der dritten Hand von »berühmten ausländischen Männern«, was er aus Mangel an selbstständigem Urtheil und kindisch vom Auslande sich gängeln lassend oft 10 Jahre vorher bei seinen eignen Landsleuten verschmäht hatte. Höchst verwerflich ist es allerdings, wenn Nationalstolz sich in der Wissenschaft in der Weise geltend macht, dass man lieber mit dem Unvollkommenen sich begnügt, weil man vom Auslande nicht lernen kann oder will. Aber noch kläglicher ist die Erscheinung, wofür in der ganzen Literaturgeschichte fast nur der Deutsche zahlreiche Beispiele geliefert hat, dass er so wenig gediegenen Nationalsinn hat, mit Anerkennung der eignen ausgezeichneten Leistungen stets so lange zu warten, bis ein lobendes Wort eines Ausländers es ihm gnädigst erlaubt hat.

Hiermit schliesse ich diese Bemerkungen über Methode in der Botanik mit dem innigen Wunsch, dass endlich einmal ein ernsteres wissenschaftliches Streben in der Botanik allgemeiner werden und sie der Erfüllung des Berufs näher führen möge, welchen ich geglaubt habe als ihren eigentlichen aussprechen zu dürfen.

Si quis me nimis altum sapere dicat, respondeo simpliciter: In civilibus rebus esse modestiae locum, in contemplationibus veritati.

Baco von Verulam.

---

* *Goethe*, zur Naturwissenschaft und Morphologie. Bd. II. S. 114.

** Oft sogar nur Schulbücher, z. B. *Jussieu cours de bot. élément.*

Die Botanik

als

inductive Wissenschaft.

Erstes Buch.

Botanische Stofflehre.

Erstes Capitel.

Von den anorganischen Bestandtheilen.

§. 5.

Die in den Pflanzen bis jetzt aufgefundenen chemischen Elemente sind folgende:

1. Kohlenstoff (*C.*); 2. Wasserstoff (*H.*); 3. Sauerstoff (*O.*); 4. Stickstoff (*N.*); 5. Chlorine (*Cl.*); 6. Jodine (*J.*); 7. Brom (*Br.*); 8. Schwefel (*S.*); 9. Phosphor (*P.*); 10. *Silicium* (*Si.*); 11. *Kalium* (*K.*); 12. *Natrium* (*Na.*); 13. *Calcium* (*Ca.*); 14. *Magnium* (*Mg.*); 15. *Aluminium* (*Al.*); 16. *Ferrum* (*Fe.*); 17. *Manganium* (*Mn.*); 18. *Cuprum* (*Cu.*).

Die genannten Stoffe kommen in der Pflanze in sehr verschiedenen Verhältnissen vor. **Kohlenstoff** ist von allen der wichtigste und verbreitetste. Er bildet gleichsam das Skelet, die feste Grundlage der Pflanze, denn bei vorsichtigem Verkohlen kann man beinahe die ganze Textur der Pflanze bis in ihre feinsten Theile unversehrt erhalten, während man fast alle Stoffe bis auf den Kohlenstoff vertreibt. Auch bei der freiwilligen Zersetzung der Pflanzen bleibt er am längsten unverändert und man erkennt an Braun- und Steinkohlen oft noch vollkommene Pflanzenstructur, in einzelnen Fällen sogar Familie und Geschlecht, aus welchen sie stammen. Frei kommt der Kohlenstoff aber nirgends in der Pflanze vor.

Wasserstoff und **Sauerstoff** bilden mit dem Kohlenstoff die meisten nähern Bestandtheile der Vegetabilien und häufig, besonders in den wichtigern Stoffen, in dem Verhältniss verbunden wie sie Wasser bilden. Sauerstoff kommt auch frei in Flüssigkeiten gelöst in der Pflanze vor. Auch Wasserstoff in den Pilzen (?).

Stickstoff in Verbindung mit den vorigen bildet einige wichtige Substanzen. Ob er frei vorkommt, bei den Pilzen, ist wohl noch nicht ganz ausgemacht.

Chlor, Jod und **Brom** kommen wohl nur als Salzbilder in der Pflanze vor. Ersteres besonders in Strand- und Steppenpflanzen, die beiden letztern nur in den Meerpflanzen.

Schwefel und **Phosphor** finden sich in den meisten Pflanzen als Schwefel- und Phosphorsäure (letztere besonders häufig in den Saamenhüllen der Gräser); beide auch in Verbindung mit Protein als constituirende Bestandtheile des Eiweisses, Caseins u. s. w.

Silicium kommt fast in allen Pflanzen als Kieselerde vor, oft in auffallend grosser Menge, z. B. bildet sie bei

Equisetum	*limosum*	— 94,85
,,	*arvense*	— 95,48
,,	*hiemale*	— 97,52
Calamus	*rotang*	— 97,20

der ganzen Asche*. Wo Kieselerde sehr vorwaltend ist, wie in der Rinde und Oberhaut der grösseren Gräser, der rohrartigen Palmen und der Schachthalme, zeigt die Asche bei vorsichtigem Verbrennen noch so vollständig die Formen und Structurverhältnisse der Pflanze, dass man selbst die mikroskopischen Theile genau unterscheiden kann**. Die Kieselerde besteht dabei aus kleinen Blättchen, Körnchen oder Nadeln, oft durch das Glühen zusammengesintert, zerstört man dagegen einen solchen Pflanzentheil durch concentrirte Schwefelsäure, so erhält man die Kieselblättchen u. s. w. frei und unzusammenhängend, was zugleich beweist, dass nicht das Silicium, wie *Reade**** will, mit der Pflanzenmembran chemisch verbunden, oder gar selbst organisirt wird, was freilich auch sonst ein ganz unhaltbarer Gedanke ist.

Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Aluminium, Eisen, Mangan und **Kupfer** kommen nur als Oxyde mit Säuren verbunden in den Pflanzen vor, die ersten 7 in sehr verschiedenen Verhältnissen vielleicht in allen Pflanzen, Kupfer, so viel bis jetzt bekannt, nur in wenigen.

Einer alten Volkssage nach, die besonders in Norddeutschland zuweilen noch gehört wird, soll das Lindenholz Gold enthalten†.

Ueber den Ursprung der genannten Stoffe in der Pflanze, insbesondere über die Beantwortung der Frage, ob die Metalle von aussen in die Pflanze aufgenommen oder durch den Vegetationsprocess aus den zuerst genannten vier Elementen gebildet werden, ist unter Chemikern und Physiologen jetzt nur eine Ansicht, dass nämlich in der Pflanze kein einfacher Stoff vorkommen kann, wenn er nicht von aussen her aufgenommen war. Die entgegengesetzte Ansicht von *Reade*†† kann heutzutage nur als Curiosität aufgeführt werden, die kaum der Widerlegung durch die Arbeiten von *Saussure*, *Davy*, *Lassaigne*, *John*, *Jablonsky*††† u. A. bedarf. Auch ist nicht wohl einzusehen, was die berliner Akademie bewogen haben kann, das einzige sehr rohe Experiment *Schrader's* und das meist höchst confuse Raisonnement *Neumann's* zu krönen, welche Beide, freilich unterstützt durch *Braconnot*, hauptsächlich die verkehrte Ansicht in Gang brachten. Bedenkt man, wie gering bei den meisten Pflanzen die Aschenmenge ist, und wie ungeheuer die Wassermenge, die sie im Verlauf ihrer Vegetation aufsaugen und wieder ausdunsten, so kann man leicht einsehen, dass schon eine im Wasser kaum durch die empfindlichsten Reagentien nachzuweisende Menge von Salzen genügt, um die Pflanze hinlänglich zu versehen.

§. 6.

Die genannten Elemente bilden unter einander binäre Verbindungen, von denen folgende für die Pflanzen am wichtigsten sind:

a. Sauerstoffverbindungen, vor allem Wasser (Aq. HO oder $\dot{H}$) und Kohlensäure (CO^2 oder $\ddot{C}$), dann Oxalsäure ($\overline{O}$ oder $\dddot{C}$), die andern Sauerstoffsäuren, endlich die Oxyde der genannten Metalle.

Von den angedeuteten Stoffen ist **Wasser** der wichtigste. Ohne Wasser giebts kaum einen chemischen Process, geschweige denn ein Pflanzenleben, die meisten Pflanzen enthalten es in bedeutender Menge, so dass z. B. *Ceratophyllum demersum* aus 0,90 Wasser und nur 0,10 fester Substanz besteht.

Kohlensäure ist ebenfalls weit verbreitet, mit dem Wasser die Hauptnahrung der Pflanzen und kommt häufig frei im Saft aufgelöst in der Pflanze vor, bei Nacht fast in jeder Pflanze, bei Tage auch in reifenden Früchten, den Luftwurzeln u. s. w. In

---

* u. ** *H. A. Struve de silicia in plantis nonnulla. Diss. inaug. Berol.* 1835.

*** *London and Edinburgh phil. Mag. and Journ.* 1837 *Nov.*

† Vergleiche auch *A. v. Humboldt Florae Fribergensis specimen. Berol.* 1793. *p.* 134.

†† Vergleiche a. a. O.

††† *Jablonsky de conditionibus vegetationi necessariis quaedam. Diss. inaug. Berol.* 1832.

Folge der Athmungs- und Verbrennungsprocesse an der Erde und der vulkanischen Thätigkeit ist die Atmosphäre eine unerschöpfliche Quelle von Kohlensäure für die Pflanzen.

Oxalsäure, wie es scheint beständig durch die in der Pflanze vorgehenden, chemischen Verbindungen und Zersetzungen erzeugt, findet sich wahrscheinlich in allen Pflanzen, frei kommt sie z. B. in den Saftpflanzen der Gärtner, bei Crassulaceen, Ficoideen, Cacteen * u. s. w. und in den Drüsenhaaren von *Cicer arietinum* vor.

b. Wasserstoffverbindungen, besonders Ammoniak (NH^3), dann die Chlor-, Jod- und Bromwasserstoffsäuren.

Ammoniak ist wahrscheinlich für alle in der Pflanze vorkommenden Stickstoffverbindungen die Quelle des Stickstoffs; frei kommt es wohl nur in den noch nicht assimilirten Säften z. B. in dem Frühlingssafte der Birken, des Weins, und vielleicht auch in einigen unnatürlich saftigen Culturpflanzen z. B. in den Runkelrüben vor.

§. 7.

Die im vorigen Paragraphen erwähnten Säuren und Oxyde treten zu Salzen zusammen, von denen sehr viele in den Pflanzen gefunden werden, theils in den Säften aufgelöst, theils auskrystallisirt. Die wichtigsten sind die Alkalien mit Pflanzensäuren, Chlor, Brom und Jod verbunden, vielleicht mit Schwefelsäure und Phosphorsäure, ob mit Kohlensäure, ist wenigstens höchst zweifelhaft, ferner die Erden mit Pflanzensäuren, besonders Oxalsäure, mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, endlich die Metalle, meist wohl nur in (noch unbestimmten) Verbindungen. Die meisten finden sich in den lebhafter vegetirenden grünen Theilen, Blättern u. s. w., weniger im Holze (*Saussure*). Eine bestimmte Quantität dieser Salze ist für das Leben der Pflanze unentbehrlich. Ammoniaksalze aus der Atmosphäre und dem Boden scheinen die Hauptquelle für den Stickstoffgehalt der Pflanzen zu sein.

Schon die älteren ausgezeichneten Untersuchungen von *Fourcroy* und *Vauquelin* ** haben nachgewiesen, dass wohl der grösste Theil der in der Asche gefundenen kohlensauren Salze erst durch das Verbrennen aus pflanzensauren Salzen entstanden sei. Dabei zeigten sie, dass fast alle Pflanzen:

1. essig- und äpfelsauren Kalk enthalten, natürlich in den Pflanzensäften aufgelöst;
2. citronensauren und weinsteinsauren Kalk, der entweder als saures Salz, oder in fester Gestalt in der Pflanze vorhanden sein muss;
3. oxalsauren Kalk, natürlich in fester Form.

Alle diese finden sich in der Asche als kohlensaure Salze vor, welche fast ganz fehlen, wenn man vor dem Glühen die Pflanze nach und nach durch kaltes, durch kochendes Wasser und diluirte Salzsäure erschöpft hat.

Die Alkalisalze finden sich natürlich alle aufgelöst in der Pflanze, die in Wasser unlöslichen Erdsalze kommen in fester Gestalt und zwar stets krystallisirt in den Zellen vor. Genauer untersucht ist bis jetzt Folgendes. Am allgemeinsten verbreitet ist der oxalsaure Kalk, der in keiner Pflanze zu fehlen scheint, in manchen aber in ungeheurer Menge vorkommt. Ein Stamm von *Cereus senilis* enthielt nach Abzug des Wassers

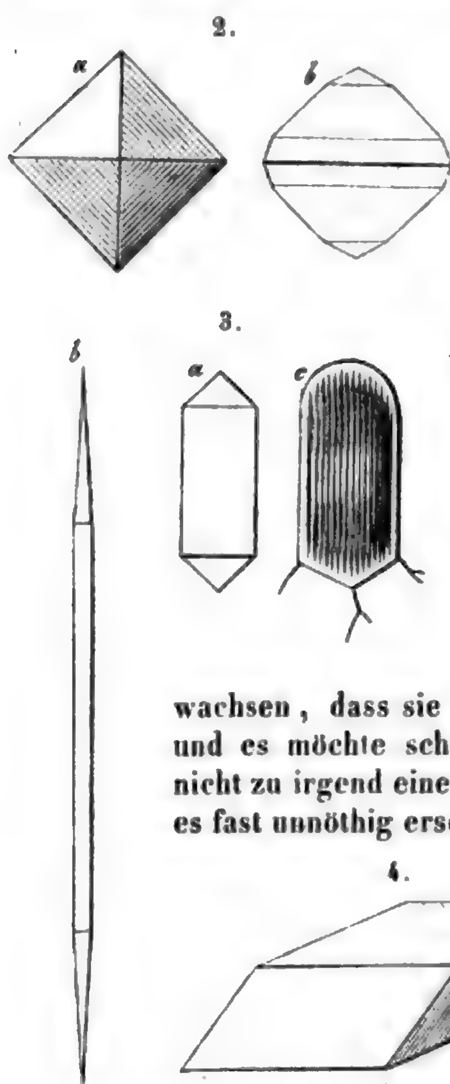
0,855 oxalsauren Kalk,
0,145 Pflanzensubstanz und übrige unorganische Bestandtheile.

Die Krystallform des oxalsauren Kalks ist das quadratische Oktaeder (?) (2,*a*) und das rechtwinklige, vierseitige Prisma (im zwei- und einaxigen System), es kommen sowohl

* Wenn *Liebig* (Annal. 46. S. 77.) für die Cacteen Weinsäure angiebt, so irrt er wenigstens für die meisten Cacteen gewiss.

** *De la Métherie Journ. de Physique et de Chim. Tome* 68 (1809) *pag.* 429.

die Grundformen für sich, als auch fast alle erdenklichen Combinationen vor. Man kann folgende Vorkommnisse unterscheiden: *



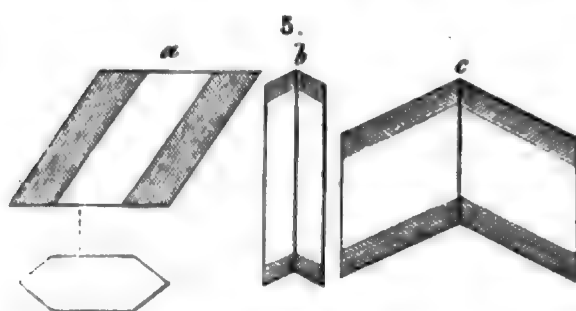
1. Feine nadelförmige Krystalle (*Rhaphides De Cand.*) als Combination eines sehr langen Prismas mit einem Oktaeder (3, *b*), dessen Fläche bald wie beim Zirkon, bald wie beim Hyacinth mit den Flächen des Prisma verbunden sind. Diese liegen in Bündel zu 20—30 in einer Zelle, die sie fast ganz ausfüllen, zusammen, in fast allen Pflanzen, z. B. *Phytolacca decandra* (3, *c*).

2. Grössere einzelne Krystalle, entweder die vorige Form (3, *a*) und dann oft sehr lang, z. B. *Agave americana*, oder die Grundformen oder Combinationen von Oktaedern, sowohl erster und zweiter Ordnung, als auch von zwei bis drei stumpferen oder spitzeren (diese letzten Formen besonders schön zwischen dem Pollen vieler Caladieen, im Parenchym alter *Tradescantia*-stengel (2, *b*).

3. Grössere Krystalle entweder einem anderen Krystall oder einem organischen Kügelchen so aufgewachsen, dass sie eine förmliche Druse bilden, kommen am meisten vor, und es möchte schwerlich eine phanerogame Pflanze zu finden sein, die nicht zu irgend einer Zeit des Jahres solche Krystalldrusen enthielte, so dass es fast unnöthig erscheint, einzelne zu nennen. Beispiele geben alle Cacteen.

Nächst dem oxalsauren Kalk ist wohl der kohlensaure und zwar als Kalkspath der häufigst vorkommende. Er findet sich in verschiedenen Krystallgestalten, gewöhnlich in reinen Rhomboedern, z. B. in den Cycadeen, vielen Cacteen und in den Blättern der *Costus*-arten.

Endlich ist auch schwefelsaurer Kalk bestimmt an seinen Krystallformen in den Pflanzen zu erkennen als zwei- und eingliedriges Oktaeder, in Tafelform als Oktaeder oben und unten durch die Endflächen des Prisma abgeschnitten (5, *a*), endlich besonders charakteristisch in den Zwillingsformen gleich den Gipskrystallen vom Montmartre. Letztere finden sich namentlich in den Musaceen und vielen Scitamineen (5, *b c*).



Solche Krystalle finden sich, wie schon bemerkt, in allen phanerogamen Pflanzen, nur bei den Kryptogamen sind sie verhältnissmässig seltener, doch kommen sie auch

2. *Caladii spec.* oxalsaurer Kalk als quadratischer Oktaeder und Combination von 3 Oktaedern zwischen dem Pollen sich findend.

3. *a.* Quadratische Säule mit dem Oktaeder combinirt, *b.* desgleichen sehr lang wie sie bündelweise bei *c.* in einer Zelle beisammen liegen. Letztere nennt man *Rhaphides* nach *De Candolle.* In allen Cacteen häufige Formen des oxalsauren Kalkes.

4. Kohlensaurer Kalk (Kalkspath) als Rhomboeder in der Oberhaut vieler Cacteen.

5. Schwefelsaurer Kalk (Gyps) als schiefe 6seitige Säule *a.* einfach mit Darstellung der Grundfläche, *b* und *c* Zwillingskrystalle, sehr häufig in den Blattstielen der *Musa*- und *Strelitzia*arten.

* Auch der durch Niederschlag künstlich gebildete Oxalsaure Kalk ist niemals amorph, wie *Valentin*, *Repertorium* Bd. II. S. 30 Nr. 5 behauptet hat, sondern stets krystallisirt.

hier bei *Chaetophora*, *Hydrurus* und *Chara*, aber nicht in den Zellen, sondern in den Intercellularräumen, bei *Polysperma* und *Spirogyra* dagegen auch in den Zellen vor. Bei den Phanerogamen liegen sie stets in Zellen (auch die Drusen in den Luftgängen von *Myriophyllum*)*, ausserdem aber kommen mehr formlose krystallinische Massen, besonders von kohlensaurem Kalk in den Lufthöhlen und auf den Blättern von *Lathraea* und bei vielen *Saxifraga*-arten, z. B. *aizoon*, *longifolia etc.* an den Rändern der Blätter als wahre Excrete vor.

Geschichte. Der Entdecker der Krystalle in den Pflanzen ist *Malpighi*, der die Drusen aus einer *Opuntia* abbildet (*Anatome plant.* Taf. XX. Fig. 105 E). Die nadelförmigen Krystalle entdeckte *Jurine* (*Journ. de Physique* 56). *Meyen* (Phytotomie, Physiologie und sonst), sowie *Unger* (Annalen d. wiener Museum B. I. S. 3) lehrten die verschiedenen andern Formen kennen. *Buchner* lieferte die erste chemische Analyse und glaubte (wahrscheinlich wegen mangelhafter Untersuchung) phosphorsauren Kalk gefunden zu haben. *Raspail* zeigte zuerst, dass sie meist aus oxalsaurem Kalk beständen, was freilich schon längst von *Scheele* für die Rhabarberwurzel nachgewiesen, aber vergessen war. *Turpin's biforines* sind Zellen in den Scheidewänden der Luftgänge bei Aroideen, die ein Bündel nadelförmiger Krystalle enthalten und wegen ihres Gehalts von Gallerte im Wasser durch Endosmose platzen. In Deutschland waren sie längst bekannt.

Die Entstehung der Krystalle in den Pflanzen und ihre Bedeutung sind noch unaufgeklärt. Die Tradescantien enthalten in den Zellen ihres Stengels im Winter viel Stärkemehl und keine Krystalle. Nach und nach verschwindet die Stärke und wenn die Zellen fast allen körnigen Gehalt verloren haben stellen sich Krystalle ein, aber wie es scheint nach besondern Verhältnissen, bald eine grosse Anzahl winzig kleiner Krystalle, bald in jeder Zelle nur ein einziger ausgezeichnet schöner und grosser Krystall.

Ein grosses Uebermaas freier Oxalsäure würde wahrscheinlich für die meisten Pflanzen störend auf den chemischen Process wirken. Dass die Cacteen viel freie Oxalsäure erzeugen, ist leicht zu beobachten; dass sie eine grosse Menge Kalk aus dem Boden aufnehmen müssen, um gut zu gedeihen, ist ebenfalls bekannt; beide Stoffe zusammen lagern sich dann aber als fernerhin ganz indifferente Krystalle in den Zellen ab.

Dass Ammoniaksalze die Quelle des Stickstoffs in den Pflanzen sind, wurde zuerst von *Th. de Saussure* (Versuche über die Vegetation übers. v. *F. S. Voigt* S. 190) mit Scharfsinn entwickelt, später von *Liebig* (Organ. Chemie in Anw. auf Agricultur und Physiologie 5te Ausg. S. 50 ff.) weiter ausgeführt. Das Endresultat der Fäulniss aller thierischen (stickstoffhaltigen) Stoffe sind flüchtige Ammoniaksalze, welche entweder sogleich durch fixe Säure im Boden gebunden werden, oder in die Luft entweichen und dann vom Regenwasser absorbirt wieder dem Boden zugeführt werden. Nicht unbedeutend für die Pflanzen scheint auch die Bildung des Ammoniaks im Boden zu werden, indem das Stickstoffgas der Luft sich in den Porenräumen der Ackerkrume mit dem durch die Zersetzung der Pflanzen- und Thiersubstanzen freiwerdenden Wasserstoff verbindet und so zur andauernden Quelle von Ammoniak wird. (Man vergl. *Mulder* Versuch einer physiol. Chem. übers. von *Moleschott* Bd. I. S. 158 ff.) Alle Pflanzensäfte die noch mit der kürzlich aus dem Boden aufgenommenen Feuchtigkeit vermischt sind, z. B. der Frühlingssaft der Birken, Weinreben u. s. w. enthalten Ammoniaksalze. Auch sonst kommen Ammoniaksalze in der Pflanze vor. Wahrscheinlich enthalten auch alle blauen Pflanzen-Farbstoffe welche durch Säuren roth, durch Alkalien wieder blau werden, z. B. in den Blumen von *Echium* und andern *Borragineen* Ammoniak.

* *Meyen* Physiologie Bd. I. S. 241 scheint die feine, die Drusen einschliessende Membran übersehen zu haben.

Zweites Capitel.

Von den organischen Bestandtheilen.

Erster Abschnitt.

Von den assimilirten Stoffen im engeren Sinne.

§. 8.

Die vier Elemente* Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff treten noch zu vielen sogenannten organischen oder vegetabilischen Bestandtheilen zusammen, die aber offenbar für das Leben der Pflanze in seiner einfachsten Form einen sehr verschiedenen Werth haben. Zunächst finden wir eine Reihe von Stoffen, die für die Entstehung und Ausbildung der einzelnen Zelle unerlässlich nöthig erscheinen, diese nenne ich insbesondere assimilirte Stoffe.

§. 9.

Einige von diesen sind die Stoffe, aus denen die Zellenmembran selbst besteht, oder die der Bildung derselben nothwendig vorhergehen und nur C H O enthalten. Ich nenne hier 1. den Zellstoff; 2. das Amyloid; 3. die Pflanzengallerte; 4. Stärkemehl; 5. Gummi; 6. Zucker; 7. Inulin; 8. fette Oele.

1. **Der Zellstoff** (vegetabilischer Faserstoff, Holzfaser, *Cellulose* und *Sclerogen* der franz. Chemiker) ist vollkommen ausgebildet, ziemlich zähe, biegsam und elastisch, völlig wasserhell und durchsichtig; völlig unauflöslich in allen bekannten Lösungsmitteln. Mit concentrirter Aetzkalilauge abgedampft oder mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, geht er in Stärkemehl über**. Durch Jod wird reiner Zellstoff für sich nicht gefärbt. Als bestes Reagens um reinen völlig ausgebildeten Zellstoff in der Pflanze unterm Mikroskop zu erkennen dient folgendes Verfahren. Man benetzt den zu untersuchenden Pflanzentheil zuerst mit einer ziemlich concentrirten Auflösung von Jod in Jodkalium und dann mit dem zweiten Hydrat der Schwefelsäure, worauf sich reiner Zellstoff sogleich prachtvoll blau färbt. Ein Stich ins Grüne oder ganz grüne Färbung zeigt eine Tränkung mit Proteinsubstanzen an, die in alten Zellen oft so weit geht, dass die Substanz ganz goldgelb gefärbt wird. Auf der andern Seite finden sich Zellenwände deren Substanz zwar nicht sogleich von Jodlösung blau gefärbt wird aber doch dann, wenn man sie mit gesättigter Jodtinktur tränkt, den Alkohol verdunsten lässt, und dann nach längerem Zwischenraume (oft von 24 Stunden) das Präparat mit destillirtem Wasser behandelt, worauf eine blaue Färbung hervortritt. In diesem Fall ist der Zellstoff gleichsam noch unreif und steht dem Amyloid oder der Pflanzengallerte näher.

Wie alle organischen Substanzen dehnt der Zellstoff sich in der Feuchtigkeit aus und zieht sich beim Trocknen zusammen***. Er ist für alle Flüssigkeiten und wirklichen

---

* Vier Elemente,
Innig gesellt,
Bilden das Leben,
Bauen die Welt.

Der Genius des Dichters hat hier offenbar der erst später sich entwickelnden Chemie vorgegriffen.

** *Poggendorff's* Annalen Bd. 43. (1838.) S. 391. *Schleiden*, Beitr. z. Botanik Bd. I. S. 160.

*** Was *Link*, *Elementa phil. bot. Ed. I. p.* 365 und *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 30. dagegen sagen, ist falsch. Vergl. *Wiegmann's* Arch. 1839. Bd. I. S. 274. *Schleiden* Beitr. z. Botanik Bd. I. S. 66.

Auflösungen durchdringlich (permeabel), indem er die Flüssigkeiten von der einen Seite aufnimmt, in sich förmlich auflöst und unter Umständen auf der andern Seite wieder ausscheidet. Im möglichst reinen Zustande analysirt ergeben sich die Formeln:

	C.	H.	O.
Weiden- und Buchsbaumholz nach *Prout*	12.	8.	8.
oder	12.	11.	11.
Verschiedene Zellenmembranen nach *Payen* (*Ann. d. sciences nat.* 1838.)	12.	10.	10.

die nur durch den Wassergehalt sich unterscheiden.

Mir scheint es zweckmässiger, vorläufig bei der Formel stehen zu bleiben, die nach der Annahme von 12 C. berechnet ist. *Mulder* nimmt 24 C., 21 H., 21 O. an, als isomer mit dem löslichen Inulin. Von diesem hat aber *Crookewitt* nachgewiesen, dass es kein einfacher Stoff sei. Verbindungen des Zellstoffs mit andern Körpern sind noch nicht bekannt, es bleibt uns also bei dem leichten Uebergang des Zellstoffs in Zucker, Dextrin und Stärke nur die Hypothese der Isomerie mit diesen Stoffen übrig; jede andere Annahme erscheint zur Zeit noch rein willkürlich und erklärt ohnehin nichts, denn die Elementaranalysen variiren von C. 43,22—52,01, H. 5,9—6,91, O. 41,57—50,38 oder wenn man nur die möglichst gleichen Pflanzenzellen berücksichtigt, doch immer noch von C. 43,2—44,7, H. 6,0—6,5, O. 49,3—50,59 erlaubt also recht wohl die Berechnung unter der ersten Voraussetzung zu machen. Dagegen erscheint mir die ganze Lehre vom incrustirenden Stoff (*Payen*), selbst mit der scheinbaren Gründlichkeit *Mulder's* (Physiol. Chem. *Moleschott* S. 209 ff.) behandelt, eine so ganz und gar in die Luft gebaute Hypothese zu sein, dass man vorläufig wenigstens davon absehen muss. Bei Anwendung der gewöhnlichen Reinigungsmittel verändert sich die Dicke der Zellenwandungen nicht, ausgenommen dass sie aufgelockert werden und aufquellen. Was die Reinigungsmittel aufnehmen sind Zelleninhalt und Stoffe, mit denen die Zellenwandung getränkt ist, die sich wohl je nach dem Alter der Zelle auf pectinsauren Kalk, Farbstoffe, Gerbstoff, Humussäuren und humussaure Salze zurückführen lassen würden. Die Holzzellen sind im Verhältniss zu andern Zellen absterbende und dabei bilden sich aus dem Zellstoff stets mehr und mehr kohlenstoffreiche Bestandtheile, die in der Zellenwandung aufgelöst bleiben, diese entfernen wir durch die Reinigungsmittel. Die Verdickungsschichten der Zellen bestehen aber chemisch aus demselben oder einem isomeren Stoff wie die primäre Zelle, das zeigt ihr ganzes Verhalten und selbst *Payen's* Elementaranalyse der Spiralfiber aus *Musa Sapientum*. — Die Kenntniss der Verdickungsschichten ist aber eigentlich physiologisch wichtig, die Kenntniss der Stoffe, welche Splint in Kernholz verwandeln, fast nur technisch, indem hier das Leben fast ganz erloschen ist.

Der Stoff kommt in vielen Modificationen vor. Schon im reinen Zustande scheint er nach dem verschiedenen Wassergehalt chemisch verschieden zu sein, abgesehen davon variirt er bedeutend in seinen physikalischen Eigenschaften nach Sprödigkeit, Zähigkeit, Dichte, und insbesondere in Hinsicht seiner Durchdringlichkeit für Wasser, die um so geringer zu sein scheint, je mehr er sich in seiner Natur dem Amyloid und der Gallerte nähert, und es giebt in der That sehr viele Mittelstufen zwischen diesen drei Stoffen *.

Im unreinen Zustande, wie er gewöhnlich in den Pflanzen vorkommt, variirt er aber noch mehr durch die beim Durchgehen in ihm abgelagerten Stoffe, oder vielleicht auch wegen der dadurch veranlassten Zersetzungen, besonders ist hier die Farbe sehr verschieden, die vom Farblosen durch Hellgelb bis ins dunkelste Braun (bei Farrenkräutern) übergeht und gelegentlich auch alle möglichen andern Farben zeigt, z. B. in der Saamenepidermis der verschiedenen Leguminosen, goldgelb an den Blättern von *Phormium tenax* u. s. w.

* Vergleiche *Hugo Mohl,* Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellenmembran durch Jod. Flora 1840.

2. Das **Amyloid** * ist trocken knorpelig, feucht gallertartig, wasserhell, durchsichtig, nur in kochendem Wasser und stärkeren Säuren sowie in Aetzkali, nicht in Aether und Alkohol auflöslich, in concentrirtem Zustande durch Jod blau gefärbt, welche Verbindung sich mit goldgelber Farbe in Wasser auflöst. Bildet vielleicht nur die Verdickungsschichten der primären Zellenmembran und ist in dieser selbst nur aufgelöst. Eine chemische Analyse ist nicht vorhanden. Ist bis jetzt nur in den Kotyledonenzellen von *Schotia latifolia*, *speciosa*, *Hymenaea courbaril*, *Mucuna urens* und *gigantea* und *Tamarindus indica* gefunden. Vielleicht gehören hierher viele von den durch *Hugo Mohl* a. a. O. mitgetheilten Beobachtungen.

3. **Pflanzengallerte** (vegetabilischer Schleim der Chemiker zum Theil, Bassorin, Salep, *Lichen carragheen*, Gelin). Dieser Stoff ist trocken hornartig, oder knorpelig, feucht quillt er gallertartig auf und vertheilt sich allmälig in kaltem Wasser; rein ist er wasserhell, gegen Alkohol und Aether, fette und ätherische Oele undurchdringlich; wird von Jod gar nicht gefärbt. Er geht auf der einen Seite durch verschiedene Mittelstufen in den Membranenstoff (durch die Zellenwand der Fucoideen) und in Amyloid (durch einige Arten des *Albumen corneum*), auf der andern Seite in Amylum (durch die Gallerte der Orchisknollen) und vielfach in Arabin und Dextrin über; von Beiden soll sich dieser Stoff nach den neueren Untersuchungen von *Carl Schmidt* nur durch Beimengungen von aufquellbarem Zellstoff (?!) und durch den bedeutenden Gehalt an Kalkerdesalzen unterscheiden. Von den oben genannten Stoffen ist, so viel ich weiss, keiner im reinen Zustande analysirt und auf *Aequivalente* zurückgeführt. Die von *Mulder* mitgetheilten Analysen von *Lichen carragheen*, Quittenschleim, Althaeenschleim und Traganthgummi variiren zu sehr, um sich auf eine gemeinschaftliche Formel zurückführen zu lassen. Es ist aber auch nicht abzusehen, wie die Trennung der verschiednen innig gemengten Stoffe namentlich bei *Lichen carragheen* und Traganth zu bewerkstelligen sei, um eine einzelne Substanz für eine Analyse rein zu gewinnen. Dass Pectin zu den die Zellenwandungen verdickenden wesentlichen Stoffen gehört, ist eine Fiction, der keine einzige mikroskopische Beobachtung der unreifen und reifen Früchte, der pectinhaltigen Wurzeln u. s. w. das Wort redet.

Pflanzengallerte bildet die Zellenwände der meisten Fucoideen, des Albumens der Caesalpinieen, und zum Theil des sogenannten *Albumen corneum*. Sie erscheint ausserdem als Zelleninhalt wie das Gummi; besonders findet sie sich in den Knollen der einheimischen Orchideen und in den Cacteen einzelne grosse Zellen ganz ausfüllend, und zeigt dann bei den ersten oft auf der Oberfläche ein granulirtes Ansehen, in den Cacteen ist sie dagegen mit wurmförmig gewundenen Linien gezeichnet; bei den Traganthliefernden Astragalusarten ist der ganze Stamm in allen Theilen damit erfüllt; ferner erscheint sie als Secretionsstoff in den Gummibehältern, auch scheint ein Theil der Intercellularsubstanz hierher zu gehören.

Eben so wie man in der Zoochemie zwischen leimgebenden Substanzen und Leim unterscheidet, trennt *Kützing* (*Phycologia generalis* S. 32.) Gelin von der Pflanzengallerte, in welche Ersteres beim Kochen übergehen soll. Bei längerem Kochen soll dann die Pflanzengallerte in Schleim (*Aut.*) übergeführt werden. Alle drei Stoffe scheinen mir nur verschiedene Hydratzustände desselben Grundstoffs zu sein. *Kützing's* hornartiges Gelin (angeblich stickstoffhaltig) und sein Gelacin (durch Salzsäure spangrün gefärbt) scheint nur durch fremde Stoffe verunreinigtes Gelin zu sein, wenigstens ist der Versuch, aus dem Ammoniakgehalt der Verbrennungsproducte einer g a n z e n Pflanze den Stickstoffgehalt eines bestimmten nähern Bestandtheiles zu erweisen, nach dem heutigen Zustande der Chemie doch zu roh, um auch nur den allergeringsten Werth zu haben.

Ob die Gallertsäuren (pectinige-, Ueberpectin- und Pectinsäure) hierher gehören, scheint zweifelhaft. — Sie sind wahrscheinlich näher mit Apfelsäure verwandt und

* Vergl. *Poggendorf's* Annalen 1839.

bilden vielleicht eine Uebergangsstufe von den Pflanzensäuren zu den indifferenten Stoffen.

4. **Gummi** (Arabin, Dextrin, Pflanzenschleim zum Theil). Im reinen Zustande wasserhell, im trocknen Zustande glasartig spröde, leicht im Wasser auflöslich, eben so in diluirten Säuren, aber nicht in Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen. Wird von Alkohol körnig gefällt, durch Jod blassgelb gefärbt. Es geht durch Cerasin und einige sogenannte Schleimarten in Pflanzengallerte über, grenzt durch Dextrin an das Stärkemehl. Die Analyse des *Gummi arabicum*, von *Berzelius* berechnet, giebt die Formel:



$$C_{12}\quad H_{11}\quad O_{11}$$

Die von G. arabicum, G. senegal, G. java nach *Mulder*



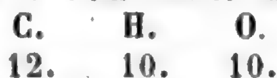
$$C_{12}\quad H_{10}\quad O_{10}.$$

Es kommt nur im aufgelösten Zustande im Innern der Zellen oder als Secret in grossen Gummigängen, nicht selten mit Pflanzengallerte gemischt und häufig (so, wie es zu technischen Zwecken gesammelt wird, fast immer) durch fremdartige Substanzen gelb oder braun gefärbt vor. Einige Pflanzengruppen zeichnen sich durch grossen Ueberfluss an Gummi aus, z. B. die Mimoseen, die Cycadeen.

In vieler Beziehung namentlich in der Elementarzusammensetzung mit dem Gummi völlig übereinstimmend ist ein Stoff, welcher durch diluirte Schwefelsäure, durch Diastase u. s. w. aus Zellstoff oder Stärke gebildet werden kann, das Dextrin. Für die Pflanze scheint es noch von grösserer Bedeutung zu sein, als jenes. Nach *Mulder* ist der grösste Theil dessen was man bisher bei Pflanzenanalysen Gummi nannte, nur Dextrin. Schon früher hatte ich die Vermuthung ausgesprochen, dass Dextrin auch in den Pflanzen vorkommen müsse, wo ja so viel Stärke und Zellstoff aufgelöst und umgewandelt wird. Bald darauf wies *Mitscherlich* diese Substanz im Safte vieler Pflanzen wirklich nach. Der Hauptunterschied zwischen Gummi und Dextrin ist der, dass letzteres durch diluirte Schwefelsäure, Diastase u. s. w. in Traubenzucker verwandelt wird, ersteres aber nicht.

Gummi wahrscheinlich aus Dextrin entstanden erscheint mehr als ein Ausscheidungsproduct der Pflanzen, Dextrin dagegen, in allen Pflanzensäften und besonders da wo Zellen gebildet werden, gegenwärtig, scheint recht eigentlich der bildungsfähige Stoff in der Pflanze zu sein. — Unzählig sind hier zur Zeit noch die Mittelstufen zwischen Dextrin durch Pflanzengallerte bis in den Zellstoff.

5. **Stärkemehl** (*Amylum*, *Amidon*, Flechtenstärke). Trocken ist die Stärke ziemlich hart, zwischen den Fingern knirschend; feucht etwas gelatinös, aus der Auflösung angetrocknet, anfänglich eine zitternde Gallerte, zuletzt fast glasartig spröde, rein stets wasserhell (auch in den Flechten), völlig rein und frisch aus der Pflanze allmälig im Wasser sich auflösend (oder nur vertheilend? denn die sogenannte Auflösung dringt durch keine Zellenmembran), in der Pflanze gewöhnlich durch von aussen eingedrungenes Wachs, Eiweiss, Schleim oder dergleichen gegen diese Auflösung geschützt. Ist leicht auflöslich (vertheilbar) in kochendem Wasser, Säuren und Alkalien, unlöslich in Alkohol, Aether, ätherischen und fetten Oelen; wird von Jodine blau gefärbt* selbst in der diluirtesten Auflösung. Es scheint durch Mittelstufen, z. B. das Flechtenstärkemehl in Amyloid, durch den von *Henry* in der Macis entdeckten Stoff in Membranenstoff, in Pflanzengallerte, vielleicht auch in Gummi überzugehen. Ueber die chemische Zusammensetzung ist bei den ausgezeichnetsten Chemikern *Berzelius*, *Liebig* u. A. kein Zweifel mehr, nämlich:



C.	H.	O.
12.	10.	10.

Es bildet die Zellenwand in den Sporenschläuchen der Flechten, und bei einigen,

* Jodstärke ist durchaus nicht auflöslicher im Wasser als gewöhnliche Stärke, aber unlöslich in Säuren.

z. B. *Cetraria islandica*, auch in der Rindenschicht des Thallus. Ausserdem kommt es als Zelleninhalt vor.

Ich gebe hier die folgende genauere Darstellung nach eignen Untersuchungen.

A. Die Natur der Stärke im Allgemeinen, insbesondere Kartoffelstärke.

Die gewöhnliche käufliche Kartoffelstärke bildet ein ziemlich gröbliches, glänzend weisses Pulver untermischt mit grösseren Stücken. Zwischen den Fingern lässt es sich feiner zerreiben, fühlt sich dabei ziemlich hart an und knirscht auch etwas zwischen den Zähnen. Angefeuchtet ballt es sich in grösseren Massen und bleibt getrocknet zusammen ohne zu zerfallen. Wenn dagegen diese Stärke durch längeres Extrahiren mit kaltem Wasser, mit Alkohol und Aether völlig gereinigt ist, stellt sie ein äusserst feines glänzendes Pulver dar, welches angefeuchtet und getrocknet nicht mehr zusammenhängt. Es gehört ziemlich lange Zeit dazu, bis man die Stärke vollständig gereinigt hat und die Reinigungsmittel zeigen noch lange Spuren von eiweissartigen Stoffen und von Fetten. Die so verschiedenen Ansichten über die chemischen Verhältnisse des Stärkemehls scheinen mir besonders darin ihren Grund zu haben, dass man niemals mit ganz reinem, und stets mit verschiedenartig verunreinigtem Material experimentirt hat. So kamen *Payen* und *Persoz* erst bei ihrer letzten Arbeit über das Stärkemehl auf den Gedanken, dasselbe vorher vollständig zu reinigen und nun fiel auch das Resultat ihrer Untersuchungen ganz anders und zwar dahin aus, dass das Stärkemehl ein völlig homogener Pflanzenstoff sei.

Unter dem Mikroskope bei 100maliger Vergrösserung erkennt man die einzelnen Stärkekörnchen als kleine feste, immer eiförmige Körperchen. Abweichungen von dieser Form sind verhältnissmässig sehr selten. Am schönsten und deutlichsten bei der frisch aus der Kartoffel gewonnenen Stärke erkennt man an dem spitzeren Ende einen kleinen schwarzen Punkt, *Fritsche's* Kern. Sehr selten und nur bei sehr viel stärkerer Vergrösserung zeigt er sich bei der Kartoffel als ein Fleckchen mit so dünner Substanz erfüllt, dass man ihn als ein Loch oder vielmehr als eine kleine Höhle in der dichteren Masse ansehen kann. Viel deutlicher zeigt sich dies aber bei der Stärke aus den Zwiebeln einiger Liliaceen, und wird durch die Vergleichung mit anderen Stärkearten zur völligen Gewissheit. Um diesen sogenannten Kern herum ziehen sich bald blässer, bald schwärzer, bald näher, bald ferner eine Anzahl von Linien, die anfänglich kreisförmig um den Kern gehen, weiterhin aber sich mehr und mehr dem eiförmigen nähern, weil sie ellipsenähnlich den Kern als Brennpunkt einschliessen. Die zwischen zwei solchen Linien eingeschlossene Substanz zeigt sich bald heller, bald dunkler, oft an einzelnen Stellen mit auffallender Helligkeit und ein geübter mikroskopischer Beobachter erkennt bald, dass er Lagen von verschiedener Dichtigkeit vor sich hat und dass im Allgemeinen die äusseren dichter sind als die inneren, die an der frischen Stärke oft fast gelatinös erscheinen. Die dunkeln Linien schneiden bei keinem Körnchen die Linie des äussern Umrisses und wenn sie an dem spitzen Ende auch noch so dicht neben einander liegen, so ist doch jede Linie vollständig in sich zurücklaufend. Lässt man ein einzelnes Korn mit recht schwarzen Linien unter dem Mikroskop sich umdrehen*, so sieht man, dass die Linien von allen Seiten betrachtet gleich bleiben und stets in derselben Weise um den Kern laufen. Daraus folgt dann, dass es nicht etwa Zeichnungen an der Oberfläche sein können, sondern dass es die Berührungsflächen vieler um einander gelagerter hohler, eiförmiger Schalen sind, aus denen das ganze Korn zusammengesetzt ist.

Zuweilen gelingt es, wenn man aus einer recht stärkereichen Kartoffel mit recht scharfem Rasirmesser einen feinen Schnitt macht, dass man einige Stärkekörnchen scharf durchschnitten unter dem Mikroskop erblickt, und hierbei überzeugt man sich

* Was man durch Zusatz von einem Wassertröpfchen, wodurch ein kleiner Strom entsteht, leicht bewirken kann.

vollkommen, dass die Sache sich so, wie angegeben, verhält und insbesondere, dass die Schichten nach Innen im Allgemeinen wasserreicher, gelatinöser, nach Aussen wasserärmer und derber sind.

Völlig ausgetrocknete Körner zeigen eine geringere Zahl von Linien, diese aber häufig stärker und oft kann man deutlich erkennen, dass eine solche recht breite schwarze Linie einer kleinen Luftschicht entspricht.

Lässt man Stärke längere Zeit in Gummiwasser liegen, so verschwinden die Linien allmälig mehr und mehr, trocknet man sie dann mit dem Gummi ein, bis sie eine ganz zähe, mit dem Messer schneidbare Masse bilden, so kann man leicht durch kleine Spänchen, die man abschneidet, eine grosse Menge Durchschnitte und selbst kleine aus einem einzelnen Korn herausgeschnittene Scheiben erhalten. An diesen letzteren erkennt man dann eine ziemlich homogene Substanz, die in der Mitte ein ziemlich unregelmässiges Loch hat, welches natürlich durch das Austrocknen der inneren wasserreicheren Schichten entstanden ist.

Behandelt man die Stärke unter dem Mikroskop mit Schwefelsäure, so treten sehr verschiedene Erscheinungen ein, je nachdem die Säure stärker oder schwächer, die Einwirkung rascher oder langsamer ist. Bei raschem Zutritt starker Säure wird das Korn gleich an dem Punkte, wo es von der Säure berührt wird, angegriffen, bläht sich wolkenartig auf und löst sich allmälig auf und dieses schreitet ruhig bis ans andere Ende des Korns fort. Oft sieht man Körner, die an einem Ende schon völlig verflüssigt, am andern Ende noch ganz scharf gezeichnet sind und selbst Kern und Schichten noch zeigen. Dabei wird die ganze Masse des Korns durchaus gleichförmig angegriffen und es findet nicht etwa ein Aufreissen der äusseren Schichten und ein Hervorquellen des flüssigen Inhaltes statt. Bei langsamerer Einwirkung der Säure zeigen sich zwei verschiedene Formen der Auflösung gleich häufig, die wahrscheinlich von dem verschiedenen Concentrationsgrade der Säure abhängig sind. Bei verdünnterer Säure wird das Korn allmälig durchsichtig, gelatinös, quillt auf, aber in der eigenen Weise, dass es an der einen Seite anfänglich einen Eindruck zeigt und nach und nach (an der eingedrückten Stelle weniger aufquellend als aussen) völlige Becherform annimmt, und endlich von den Rändern aus allmälig aufgelöst wird. Die andere Form der langsamen Einwirkung der wahrscheinlich noch sehr concentrirten Säure besteht darin, dass zuerst der sogenannte Kern in ein deutlich erkennbares Luftbläschen übergeht, dieses dehnt sich aus, es entstehen von ihm ausgehend ein oder zwei zackige Risse im Innern des Kornes, dabei schwillt allmälig das Korn an, wird gelatinös, die Linien verschwinden, so weit der Riss sie berührt, und endlich wird das ganze Korn unsichtbar (aufgelöst). — Die nächste Wirkung der Schwefelsäure scheint hier zu sein, dass den innern Schichten Wasser entzogen wird. Dafür scheint denn auch die Einwirkung der trocknen Hitze zu sprechen.

Wenn man etwas Kartoffelstärke auf einem kleinen Blech so weit erhitzt, dass nur ein kleiner Theil unmittelbar am Blech eine gelbliche Farbe angenommen hat, so findet man unterm Mikroskop leicht alle möglichen Uebergangsstufen der allmäligen Veränderung, die hier höchst merkwürdig ist und ebenfalls eine doppelte Form zeigt, deren eine über die Structur des Stärkekorns die besten Aufklärungen giebt. Die erste Wirkung ist auch hier natürlich ein Austrocknen, wodurch der sogenannte Kern in ein Luftbläschen verwandelt wird, welches sich so charakteristisch zeigt, dass man daran jedesmal die Anwendung trockner Wärme erkennen kann, z. B. bei der *Mandiocca farinha*, beim Sago u. s. w. — Gleichzeitig trennen sich ebenfalls in Folge des Austrocknens die einzelnen Schichten von einander, die Trennungslinien werden schärfer, schwärzer, breiter und selbst als breitere oder schmälere Luftschichten deutlich erkennbar; an einzelnen Stellen hängen die Schichten fester, an andern weniger an einander und hier bilden sich dann grössere lufterfüllte Räume. Nach und nach blättern sich die einzelnen Schichten wie Zwiebelschalen von einander ab, indem an einzelnen Punkten eine förmliche Schmelzung (Umwandlung in Gummi) vor

sich geht. Im zweiten Fall bleiben die Stärkekörner ihrem Umrisse nach unverändert, es verschwinden aber nach und nach alle Andeutungen von Schichtenbildung und statt veilchenblau wird das Korn durch Jodlösung nach einander burgunderroth, dunkelgelb, endlich blassgelb gefärbt.

Verfolgt man ferner die Einwirkung des allmälig zum Sieden erhitzten Wassers, so zeigt sich anfänglich eine Veränderung, die der zuletzt bei der Schwefelsäure beschriebenen sehr ähnlich ist. Nur in den späteren Stadien ist die Erscheinung insofern verschieden, dass der Riss im Innern sich allmälig in eine grosse Höhle verwandelt und das ganz aufgequollene Korn dann aussieht, wie ein zusammengefallener sehr dickhäutiger Sack. Nach und nach werden dann die Umrisse undeutlicher, aber immer bleibt die aus einem Korn entstandene Kleistermasse zusammenhängend und wenn man noch so dünn gekochten Kleister unterm Mikroskop mit Wasser vermischt betrachtet, so erkennt man durch Jod die einzelnen aufgequollenen Körner, während das zugefügte Wasser niemals eine blaue Färbung annimmt. Ich habe das Kochen nicht Tage lang fortsetzen können, glaube aber aus meinen Versuchen schliessen zu dürfen, dass Stärke zwar eine grosse Menge Wasser in sich aufnehmen und dadurch zu einem grossen Volumen anschwellen kann (obwohl auch das seine Grenze zu haben scheint), dass sie sich aber niemals weder in kaltem noch kochendem Wasser wirklich auflöst.

Endlich will ich hier noch der Behandlung der Stärke mit kaltem Wasser erwähnen. Wenn man Stärke etwa mit dem doppelten Volumen Wasser in einer Reibschale eine halbe Stunde lang zusammenreibt, so erhält man eine klebrige, fadenziehende, fast steife Salbe. Unter dem Mikroskop zeigt sich dann ein grosser Theil der Körner auf sehr mannigfache Weise zerquetscht, zerrissen und zerstückelt, zum Theil in kleine Flöckchen zerrieben, besonders die innern (wasserhaltigern) Schichten sind dabei herausgepresst, wie es scheint durch das Reiben mit noch mehr Wasser verbunden und stellen eine ganz feinflockige oder granulöse, aber zusammenhängende Masse dar, die dann durch Jod blau gefärbt wird, während alle eigentliche Flüssigkeit umher (das Wasser) völlig ungefärbt bleibt.

Alle diese Versuche wurden öfter mit verschiedener käuflicher (ungereinigter) Kartoffelstärke, aber immer auch alle bei einer und derselben Sorte angestellt und gaben dem Wesentlichen nach stets dieselben hier mitgetheilten Resultate. Bei allen Versuchen wurde stets auch Jod angewendet und niemals zeigte sich auch nur die entfernteste Andeutung, dass im Stärkekorn irgend ein Theil vorkomme, der nicht von Jod ganz auf dieselbe Weise gefärbt wurde. Niemals zeigte sich die geringste Erscheinung bei diesen Versuchen, bei deren Erklärung etwas Anderes hätte zu Hülfe gerufen werden müssen als die so leicht zu constatirende Thatsache, dass die Schichten des Stärkekorns, je weiter nach Innen, auch desto wasserhaltiger sind, und etwa die unwesentlichen von anhängenden oder eingedrungenen Spuren Eiweiss, Fett oder Wachs herrührenden, höchst geringen Verschiedenheiten der äussern Schichten, die nur darin bestanden, dass sie, bald mehrere bald wenigere, etwas später von den Auflösungsmitteln angegriffen wurden. Zur Controlirung dieser letzten Thatsache wurden übrigens stets dieselben Versuche mit völlig gereinigter Stärke angestellt.

Aus diesen Mittheilungen ist aber nun auch leicht ersichtlich, dass ohne gleichzeitige Anwendung des Mikroskops und der chemischen Reactionen an eine wirklich gründliche Erkenntniss des Stärkemehls gar nicht zu denken ist.

In der auswachsenden Kartoffel wird die Stärke allmälig aufgelöst, so dass oft nach drei Monaten bei scheinbarer völliger Integrität der Kartoffel fast keine Spur von Stärke mehr in derselben zu finden ist. Diese Auflösung ist aber von allen Auflösungen, die wir im Stande sind herbeizuführen, aufs allerwesentlichste verschieden. Das einzelne Stärkekorn behält dabei bis zum letzten Augenblick seine Festigkeit und wird nur allmälig von Aussen nach Innen angegriffen und zwar so, dass die Enden des Längsdurchmessers am meisten Widerstand leisten und daher das Körnchen nach und nach einem (wegen des Hervortretens der Reste der Schichten) knotigen Stäbchen

gleicht. Aehnliches geht beim Keimen der Cerealien vor und die Auflösung der Stärke durch Diastase, welche Substanz ohnehin erst Produkt der Keimung ist, entspricht ganz der Form nach der Auflösung durch Schwefelsäure und ist mit unbegreiflicher Leichtfertigkeit und Oberflächlichkeit von den Chemikern auf den Vorgang in der lebenden Pflanze übertragen worden.

Das von der Kartoffelstärke Gesagte gilt auch von allen andern Stärkearten, wenigstens von denen, welche mehr oder weniger deutlich eine Schichtenbildung zeigen. Alle angegebenen Versuche sind mit denselben nur wenig durch die Formen der Körner modificirten Erfolgen von mir auch an der Stärke aus den Zwiebeln von *Lilium bulbiferum*, *Tulipa sylvestris*, *Maranta arundinacea*, *Curcuma leucorrhiza*, *Triticum sativum* und *Phaseolus vulgaris* angestellt worden. Insbesondere zeigen die Erscheinungen beim Rösten, dass die flach scheibenförmigen Körner der Curcumawurzeln ebenfalls aus ringsum völlig geschlossenen Schalen zusammengesetzt sind, deren Wände aber auf den beiden Flächen, an der Spitze und den Seitenkanten ausnehmend dünn und nur an der einen breiteren Endkante verhältnissmässig dick und daher leicht zu unterscheiden sind.

B. Ueber das Vorkommen der Stärke und ihre verschiedenen Formen in der Pflanzenwelt.

Ueber die Verschiedenheiten des Stärkemehls in den verschiedenen Pflanzen haben wir bis jetzt eigentlich nur eine einzige nennenswerthe Abhandlung von *Fritsche* (*Poggend. Ann.* Bd. XXXII.), welche mit einigen unbedeutenden Zusätzen von *Meyen* in seiner Pflanzenphysiologie benutzt worden ist. Im Uebrigen scheint die Abhandlung ziemlich unbeachtet geblieben zu sein, denn wenn man in den neuesten Werken noch so hingeworfen liest: »das Stärkemehl erscheint in Form kleiner kugelförmiger Körper« (*Endlicher* und *Unger*, Grundzüge der Botanik), so sieht man, dass die Verfasser weder selbst beobachtet, noch das Geringste darüber gelesen haben. Die Formen des Stärkemehls sind ganz ausserordentlich verschieden und oft, wie schon *Fritsche* bemerkte, so charakteristisch, dass man leicht nach der Stärke die Pflanze, wenigstens dem Geschlecht und der Familie nach, bestimmen kann. Ich gebe in Folgendem die tabellarische Uebersicht der mir bekannt gewordenen Formen.

I. Formlose Stärke.

Bis jetzt fand ich nur in drei phanerogamen Pflanzen formlose Stärke (als Kleister) in den Zellen, nämlich im Samen von *Cardamomum minus*, in den Wurzelstöcken der *Carex arenaria* und in der Sassaparille.

Die Zellen des Eiweisskörpers bei *Cardamomum minus* sind mit einer dünnen Lage Kleister ausgekleidet, in welche kleine scharfbegrenzte rundliche Stärkekörner eingebettet liegen. — In der Sassaparille ist das Vorkommen etwas gewöhnliches und zwar an keine bestimmte Sorte gebundenes. Die Verhältnisse sind hier der Art, dass es fast unmöglich erscheint, an eine andere Ursache als an innere Vegetationsvorgänge zu denken. Die Umwandlung der Stärke in Kleister beginnt stets im Marke, in der Rinde schreitet sie stets von Innen nach Aussen, nie umgekehrt vor. Sehr häufig findet man mitten unter Zellen, die nur Körner enthalten, ganz im Innern der Rinde oder selbst des Markes, eine oder einige Zellen, die nur einen einzigen Kleisterballen enthalten; kurz, wer aufmerksam und vielfach die Sassaparille untersucht hat, kann gar nicht auf den Gedanken kommen dass diese Umwandlung der Stärke in Kleister etwa Folge des Trocknens am Feuer oder sonst äusserer Einflüsse sei*. — Bei der sogenannten *Sassaparilla germanica*, den Wurzelstöcken der *Carex arenaria* sind die Erscheinungen ganz wie bei der Sassaparille.

---

* Vergl. *Bischoff* in Bot. Zeitung. *Schleiden* Beiträge zur Kenntniss der *Sassaparille*, *Hannover* bei *Hahn*. Auch im Archiv der Pharmacie 1847.

II. Einfache Körner.

Der grösste Theil der Pflanzen zeigt ganz einfache (einzelne) Körner, zwischen denen nur selten einzelne Zwillinge und Drillinge als Ausnahmen auftreten. Man kann wieder folgende Gruppen unterscheiden:

I. Rundliche Körper.

A. Mit scheinbar ganz fehlender Centralhöhle (*Fritsche's* Kern).

1. Ganz kleine fast kuglige Körnchen fast überall in der Pflanzenwelt hin und wieder als Zelleninhalt z. B. in den Mohrrüben, im Holz im Winter, in Blättern als Träger des Chlorophylls u. s. w.

2. Grössere unregelmässig knollige, oft stumpf viereckige Körner, z. B. in den Zwiebelknospen von *Saxifraga granulata*, in den Scheinknollen von *Ficaria verna*, und mit besonders charakteristischer, leicht zu erkennender Form in den Wurzelstöcken der *Carex arenaria*.

B. Mit kleiner rundlicher Centralhöhle.

a. Mit deutlicher Schichtenbildung.

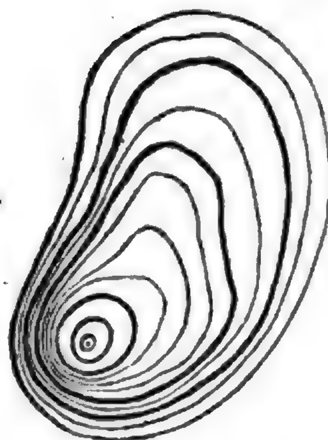
3. Sehr plumpe, rohe und oft wie verkrüppelte Körner, im Mark der Cycadeen.

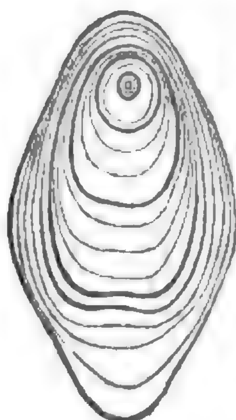
4. Eiförmige Körner. In den Kartoffeln (6.), obwohl nicht sehr regelmässig gebildet, zuweilen in Zwillings- und Drillingsformen; äusserst regelmässig aber mehr dem kugligen sich nähernd im Wurzelstock von *Maranta arundinacea*, die Schichten sind hier dünner, gleichmässiger dick und durch zartere Linien geschieden als bei der Kartoffel; ziemlich regelmässige aber etwas flachgedrückte Körner in den Rhizomen der Cannaarten, von den dünnen flachen Scheiben der Zingiberaceen (Fig. 11.) völlig verschieden.

5. Muschelförmige Körner. In den Zwiebeln der grössern Liliaceen, namentlich *Fritillaria*, *Lilium* (7.) etc. Fast dreieckig bei den Tulpen.

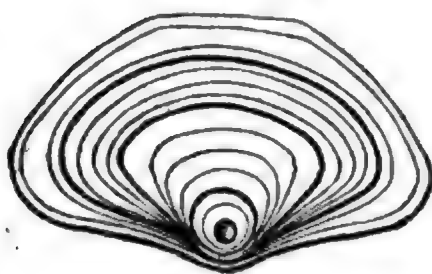
6. Eigenthümliche, höchst charakteristische Körner finden sich in den unterirdischen Theilen der *Lathraea squamaria* und in den knollenförmigen Stämmen der *Bletia Tankerviliae*. Die Grundform ist hier mehr oder weniger eiförmig oder abgerundet kegelförmig mit auffallend querüberlaufenden Schichtengrenzen (8, *A*). Die meisten Körner sind aber später durch einige sehr unregelmässige nach einer Seite übermässig entwickelte Schichten vergrössert (8, *B*.).

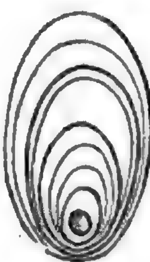
6.



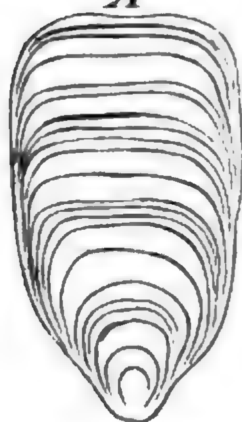


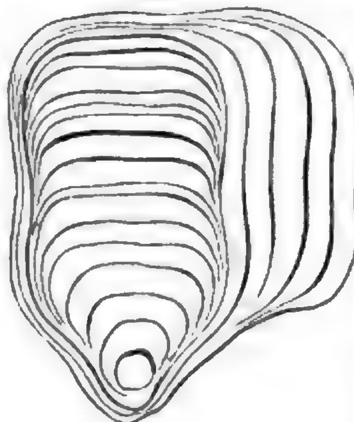
a 7. *b*





8.





6. Stärkemehlkörnchen aus der Kartoffel, die Schichten sind treu nach der Natur copirt.

7. Stärkemehlkörnchen aus der Zwiebel von *Lilium bulbiferum*. Die Schichten sind treu copirt *a*. von der Fläche, *b*. von der Seite gesehen.

8. Stärkekörner aus dem knollenförmigen Stamm von *Bletia Tankerviliae A*. Die häufigste Form *B*. die seltnere Form mit seitlich aufgesetzten neuen Schichten.

b. Mit undeutlicher oder fehlender Schichtenbildung.

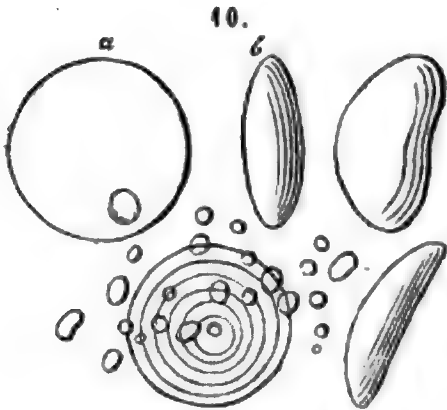
7. Abgerundet-polyedrische Körner. Bei *Zea Mays.* Im Albumen.

8. Scharfkantig-polyedrische sehr kleine Körner. Bei *Oryza sativa.* Im Albumen.



C. Mit länglicher Centralhöhle.

9. Rundliche oder ovale Körner, im trocknen Zustande gewöhnlich in den innern Schichten einen sternförmigen Riss zeigend. Bei Leguminosen z. B. *Pisum, Phaseolus.* Im Saamen.

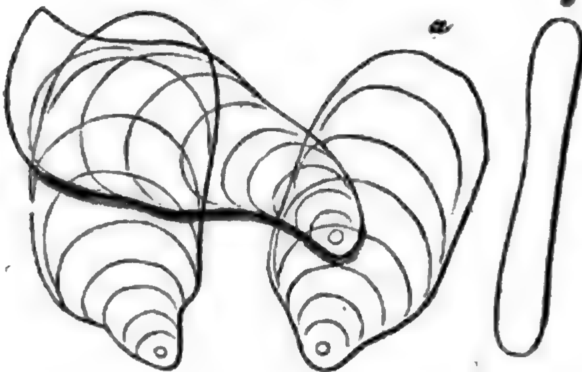


D. Ganz hohle, scheinbar becherförmige Körner.

10. Sehr ausgezeichnet in dem Rhizom von *Iris florentina* und den verwandten Arten (9).

II. Flachgedrückte linsenförmige Körner.

11. Bald mit deutlicher bald ohne deutliche Schichtenbildung, bald mit centraler, bald excentrischer, bald kleiner rundlicher, bald länglicher, bald sternförmig aufgerissener Höhle. Bei *Triticum, Hordeum, Secale* (10). Im Albumen.



III. Ganz platte Scheiben.

12. Mit deutlichen Schichten, von denen aber zur Zeit noch zweifelhaft ist, ob sie völlig herumgehen oder nur auf einander gelegte Menisken sind. Ersteres ist mir wegen der Analogie und wegen der Erscheinungen beim Rösten und Auflösen in Schwefelsäure wahrscheinlich, bei den Zingiberaceen, *Lindl.* (11). Im Rhizom.

12.

IV. Stabförmige Körperchen.

13. Mit länglicher Centralhöhle, im Milchsaft der einheimischen Euphorbien und einiger tropischen.

14. Mit deutlicher Schichtenbildung (12), oft mit einzelnen seitlichen Auswüchsen in Folge ungleicher Dicke der Schichten (12, *a b c*) im Stamme von *Dieffenbachia seguine.*

9. Stärkemehlkörnchen aus dem Rhizom von *Iris pallida* mit grosser Centralhöhle.

10. Stärkekörnchen aus dem Eiweiss-Körper von *Secale cereale*, *a.* von der Fläche, *b.* von der Kante gesehen. Auffallend ist bei *Secale, Triticum, Hordeum* u. s. w. der Grössenunterschied der Körner ohne Zwischenstufen.

11. Stärkekörnchen aus dem Rhizom von *Curcuma leucorrhiza* (ostindisches Arrowroot). Sehr flache Scheiben, *a.* von der Fläche, *b.* von der Kante gesehen.

12. Stärkekörnchen aus dem Stamme der *Dieffenbachia seguine*, *a*, *b*, *c.* Körner mit seitlichen Auswüchsen durch eigenthümlich unregelmässige Schichten.

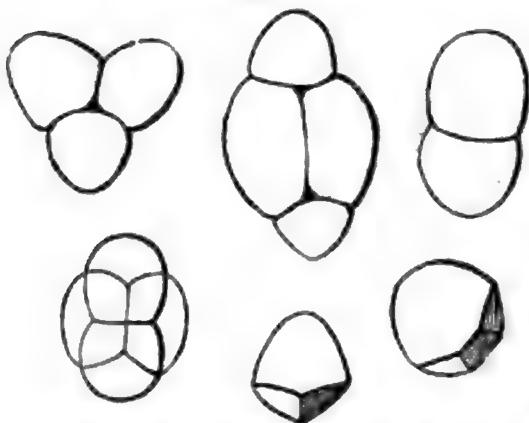
V. Völlig unregelmässige Körper.

15. Im Milchsaft vieler tropischer Euphorbien.

III. Zusammengesetzte Körner.

Hierbei finden sich in der Pflanze oder dem Pflanzentheil nur ausnahmsweise einfache Körner.

I. Die einzelnen Körner in der Zusammensetzung ohne deutliche Centralhöhle.



16. Zu 2, 3 oder 4 nach einfachsten Typen zusammengesetzt bei den Marantaceen im Rhizom (gemeines westindisches *Arrowroot* (13), *Aponogeton* in der Knolle, *Marattia* im verdickten Scheidentheil der Blätter, *Bryonia* in der Wurzel.

17. Zu 2—6 meist höchst regelmässig zusammengesetzt, selten unregelmässig. Bei sämmtlichen Sassaparillesorten in der Rinde der Wurzeln.

II. Die einzelnen Körner in der Zusammensetzung mit deutlicher Centralhöhle.

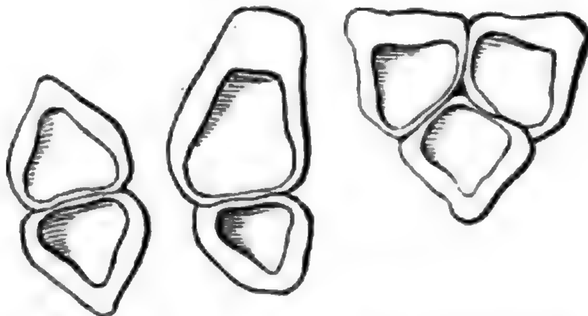
A. Alle Theilkörnchen fast gleich gross.

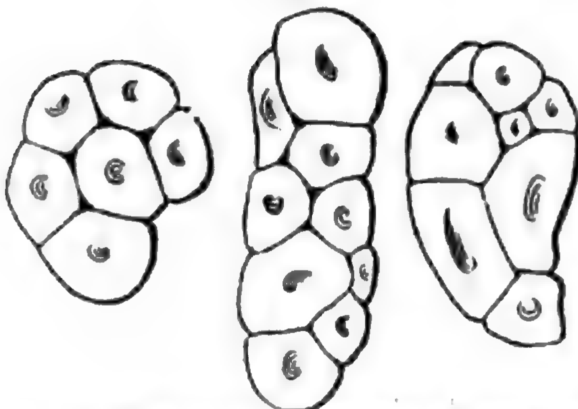
18. Zu 2—4 nach einfachen Typen vereinigt, Centralhöhle klein und rundlich. Bei *Jatropha Manihot* in den Knollen.

19. Zu 2—4 nach einfachen Typen vereinigt, Centralhöhle gross und äusserst zierlich, sternförmig aufgerissen. Bei *Colchicum autumnale*, *illyricum* u. a. Arten in der Zwiebel (14).

20. Zu 2—4 nach einfachen Typen vereinigt, die einzelnen Körper ganz hohl, scheinbar becherförmig. Ausgezeichnete Form in *Radix Iwarancusae* (*Anatherum Iwarancusae*) (15).







21. Zu 2—12 in sehr unregelmässigen Gruppen fest vereinigt. Im Rhizom von *Arum maculatum* (16).

13. Stärkekörnchen aus dem Rhizom von *Maranta indica* u. a. Arten. Aus 2—4 Körnchen zusammengesetzt, die einzelnen Theilkörnchen zeigen immer die glatten Verbindungsflächen.

14. Stärkekörnchen aus der Zwiebel von *Colchicum autumnale*. Die einzelnen Körnchen sind denen aus den Saamen der Leguminosen ganz ähnlich, aber meistentheils zu 2—4 zusammengesetzt mit sehr zierlich sternförmig aufgerissener Centralhöhle.

15. Stärkekörnchen aus dem Rhizom von *Anatherum Iwarancusae* (*Radix Iwarancusae*). Die einzelnen Körnchen mit grossen Centralhöhlen, wie die der *Iris florentina*, aber zu 2—3 zusammengesettz.

16. Stärkekörnchen aus dem unterirdischen Stamme von *Arum maculatum*, aus vielen

22. Eine grosse Anzahl (oft bis 30) kleiner rundlicher Körner, zu Kugeln ganz locker zusammengeballt. Häufig z. B. im Stengel von *Bernhardia dichotoma*.

B. An ein grösseres Korn sind mehrere kleinere Körnchen angewachsen.

23. Bei *Sagus Rumphii etc.* im Marke überhaupt beim Sago.

Stärke ist der verbreitetste Stoff in der Pflanzenwelt. Mir ist keine Pflanze bekannt, die nicht zu irgend einer Jahreszeit, wenigstens zur Zeit der ruhenden Vegetation, mehr oder weniger Stärke enthielte, oft nur in einzelnen Körnern in den Zellen, oft die Zellen in Körnern von der verschiedensten Grösse ganz ausfüllend. Der Zellenwandung adhäriren die Stärkekörnchen höchstens zufällig durch den Schleim. Der Nabel (*hilus*), mit welchem die Stärkekörnchen an der Wand der Zelle befestigt sein sollen, ist eine von den zahllosen leichtfertigen Charlatanerien *Turpin's* und rein aus der Luft gegriffen. Die grössten Körner scheinen nicht über 0,05 Linien im längsten Durchmesser zu haben. Meist lässt sich die Stärke durch Zerquetschen des Zellgewebes und Auswaschen aus den Pflanzen abscheiden, oft nicht, wenn sie zum Beispiel neben sehr vielem Schleim vorkommt, wie bei *Hedychium*; am reinsten scheint die Stärke aus *Maranta arundinacea* (*Arrowroot*) zu sein. Man sagt gewiss nicht zu viel, wenn man behauptet, dass Stärkemehl für $^2/_3$ aller Menschen die wichtigste und fast ausschliessliche Speise ist. Zwar ist es in allen Pflanzen enthalten, aber nicht immer so, dass es zur Nahrung genügend und geeignet ist, oft nicht von andern unangenehmen Beimischungen zu trennen, z. B. in der Rosskastanie. Gewisse Theile der Pflanzen enthalten am meisten, namentlich das Albumen der Saamen (Cerealien), die Kotyledonen des Embryo (Leguminosen), das Mark des Stengels (Cycadeen und Palmen)*, die Zwiebeln (Liliaceen)**, die Knollen, Rhizome und Wurzeln aus sehr verschiedenen Familien***. In geringerer Menge findet es sich in der inneren Rinde und im Splint der Bäume zur Winterszeit, daher die Möglichkeit, in Polarländern Brot aus Baumrinde zu backen.

Einen Irrthum muss ich hier noch rügen, der leider gar zu oft in derselben Weise sich wiederholt und wenn darauf fortgebaut wird, insbesondere die Physiologie verwirrt, nämlich der Missbrauch blos procentiger Bestimmungen. *Decandolle* glaubte gezeigt zu haben, dass 100 Pfund Kartoffeln im August 10 Pfd. Stärke geben, im September $14^1/_2$, im October $14^3/_4$, im November 17, im April $13^3/_4$, im Mai wieder 10. Daraus schloss man, dass die Menge der Stärke in der Kartoffel in diesem Zeitraum zu und wieder abnehme; ein arger Fehlschluss. Es ist leicht einzusehen, dass solche procentige Bestimmungen nur relative Mengen angeben, aber keine absolute Menge für irgend eine Pflanze oder Pflanzentheil. *Decandolle's* Bestimmung, selbst als richtig zugegeben, sagt nichts als dass sich das Gewicht der Stärke zum ganzen Gewicht der Kartoffel nach und nach wie 10, $14^1/_2$, 17 u. s. w. : 100 verhalte, ob aber dies veränderte Verhältniss in Veränderung des Stärkegehalts oder in der Verminderung anderer Stoffe zu suchen sei, wird dadurch auch nicht einmal angedeutet. Es ist vielmehr überwiegend wahrscheinlich, dass hierbei weder Stärke gebildet noch zerstört werde, sondern dass der Wassergehalt der Kartoffel durch Verdunstung ab- und beim Wiedererwachen der Vegetation durch Absorption wieder zunehme.

C. Entwicklungsgeschichte des Stärkemehlkorns.

In den ganz jungen Kartoffeln findet man ganz winzig kleine Körner und überhaupt mehr kleine als grosse Körner, obwohl auch in den Zellen der alten Kartoffeln kleine Körner den grossen beigemengt vorkommen. Wollte man nun die ganz kleinen Körner als Anfänge der Bildung ansehen und die verschiedene Grösse als Maassstab für

Körnchen unregelmässig zusammengesetzt, jedes Theilkörnchen für sich mit undeutlich begrenzter Centralhöhle.

---

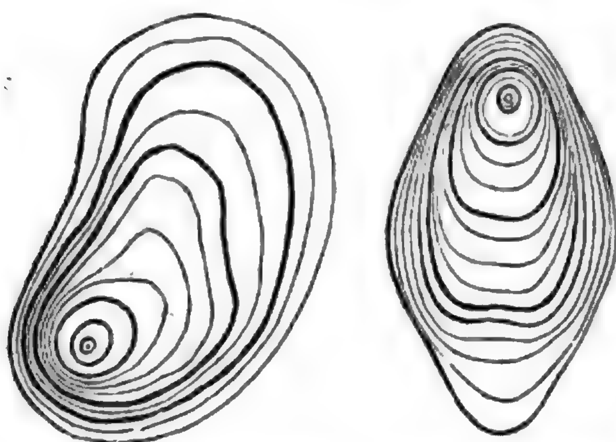
* Sago von *Cycas revoluta*, *Sagus Rumphii* und *farinifera etc.*

** *Lilium camschaticum* in Grönland u. s. w. als Nahrungsmittel.

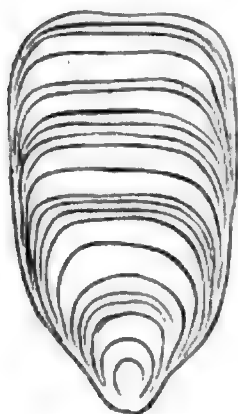
*** Kartoffeln von *Solanum tuberosum*, Cassava von *Jatropha Manihot*, Taroo von *Arum esculentum etc.*

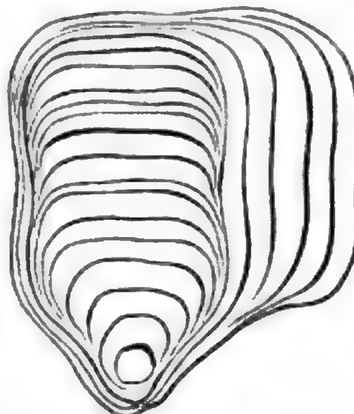
die Altersstufe der Körner nehmen, so würde sich daraus Folgendes ergeben. Je kleiner die Körner, also je jünger, desto reiner kuglich erscheinen sie, erst später wird ihr Umriss eiförmig oder unregelmässig. Nun ist leicht zu sehen, dass diese Abweichungen von der ursprünglichen Kugelgestalt nicht durch die innersten Schichten bewirkt sind, sondern durch die äussern, deren ungleiche Dicke die allmälige Veränderung des Umrisses hervorruft, während die innersten Schichten fortwährend die Form zeigen, die den jüngsten d. h. den kleinsten Körnern zukommt, nämlich die Kugelform (vergl. Fig. 6). — Daraus würde dann als Schluss folgen, dass die äussersten Schichten die jüngsten, die innersten dagegen die ältesten sind, d. h. dass das Stärkemehl durch die einander folgende Ablagerung neuerer Schichten auf die Alten wächst. Vergleicht man damit die Stärkekörner in dem knollenförmigen Stamme von *Bletia Tankervilliae*, in dem Rhizome von *Lathraea squamaria* und in dem Stamme von *Dieffenbachia seguine*, so wird die aus der Untersuchung der Kartoffeln abgeleitete Wahrscheinlichkeit fast zur Gewissheit. Bei *Bletia* Fig. 8. ist der bei weitem grösste Theil der Körner wie Fig. *A*. gestaltet, also mit leicht erkennbarem, höchst charakteristischem Umriss und eben so eigenthümlicher Schichtenbildung. Findet man nun einzelne solche Körner von Schichten eingeschlossen die nach einer ganz andern Zeichnung angeordnet sind wie in Fig. 8. *B*., so ist es fast unmöglich die Ueberzeugung abzuweisen, dass die äusseren Schichten die zuletzt gebildeten sind. Aehnliches gilt aber auch von den Körnern der *Dieffenbachia*, dieselben sind nur viel schwieriger zu beobachten. — Zu demselben Schlusse war durch die Beachtung der von einfachen äusseren Schichten umschlossenen Zwillingskörner schon *Fritsche* gekommen und seitdem haben die meisten Forscher daran festgehalten. Ausserdem besitzen wir nur einige völlig unbegründete kecke Phantasiespiele von zum Theil höchst oberflächlichen Beobachtern, die keine Widerlegung verdienen, da ihnen auch nicht einmal Scheingründe zur Seite stehen.

6.

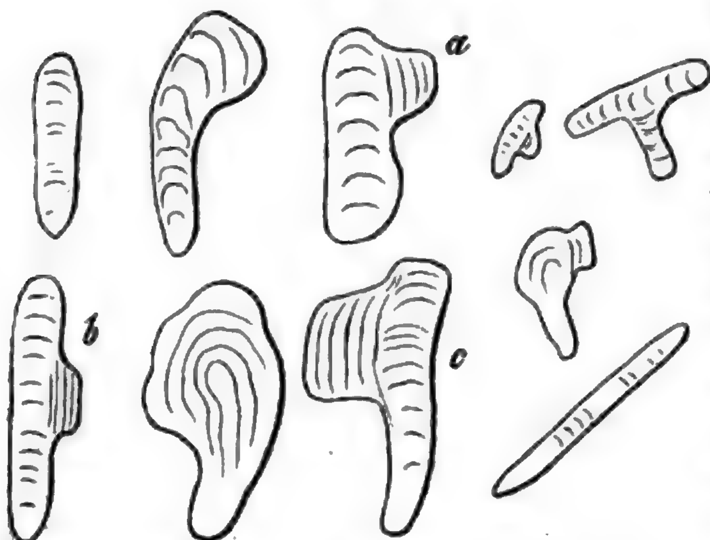


A 8. *B*





12.



D. Geschichtliches.

Das Stärkemehl war schon den Alten bekannt. (*Ἄμυλον διὰ τὸ χωρὶς μύλου κατασκευάζεσθαι Dioscor.*) *Leeuwenhoek* untersuchte es zuerst in den Pflanzen an

Weizen und Bohnen. Später entdeckte *Stromeyer* die Eigenschaft der Stärke, durch Jod blau gefärbt zu werden.

Wenig Stoffe haben eine so umfangreiche Literatur aufzuweisen, wie das Stärkemehl, und wenige sind gleichwohl so ungenügend und unvollständig erkannt als dieses und zwar allein in Folge der Vernachlässigung oder der Oberflächlichkeit mikroskopischer Untersuchung. Einen sehr klaren und vollständigen Bericht von *Poggendorff* über die zahlreichen Arbeiten bis 1836 findet man in *Pogg. Annal.* der *Chem.* und *Pharm.* Bd. 37. S. 114 ff. Das Resultat aller ist von *Poggendorff* kurz in die einleitenden merkwürdigen Worte zusammengefasst:

»Keine Substanz ist mehr untersucht und doch weniger gekannt als das Stärkemehl. Sie giebt einen augenscheinlichen Beweis, wie weitläuftig ein Gegenstand werden kann, wenn er in unrechte Hände geräth. Nach zehnjährigen Untersuchungen, in welchen die verschiedenartigsten Ansichten über die Natur des Stärkemehls aufgestellt und ihm alle Eigenthümlichkeit als näherer Pflanzenstoff abgesprochen wurde, sind wir so gut wie ganz auf den alten Standpunkt zurückgeführt, freilich in Nebendingen nicht ohne Erweiterung unserer Kenntnisse, aber in der Hauptsache ohne Bürgschaft, dass jetzt die Wahrheit ergründet sei.«

Seit *Poggendorff* diese Worte schrieb, sind abermals zwölf Jahre vergangen. Zahllose Arbeiten sind von Chemikern und Pflanzenphysiologen aufs Neue über das Stärkemehl publicirt worden, und wenn wir das Allerneueste darüber in *Endlicher's* und *Unger's* Grundzügen der Botanik genauer prüfen, finden wir, dass die Arbeiten sämmtlicher 22 Jahre sogar grösstentheils für die allgemeinere Kenntniss dieses Stoffs verloren gewesen sind, indem sich die ganze Verworrenheit in der Literatur jener 22 Jahre vollkommen in den wenigen Zeilen jener Schriftsteller wiedergegeben findet, da sie offenbar nicht durch eigene gründliche Untersuchungen in den Stand gesetzt waren, jene umfangreiche Literatur mit Kritik und Urtheil zu benutzen. Auf die seltsamste Weise sind die *e diametro* entgegenstehenden Ansichten von *Fritsche* und *Raspail* in einander verschmolzen, so dass die Verwirrung über alle Beschreibung ist.

Zwei Ansichten über die Structur der Stärkemehlkörner stehen sich in der Geschichte schroff gegenüber und von ihrer Annahme oder Verwerfung werden zugleich wesentlich die chemischen Beurtheilungen dieses Körpers abhängen müssen. Die erste von *Leeuwenhoek* stammend, später von *Raspail* weiter ausgeführt, geht dahin, dass das einzelne Stärkemehlkörnchen aus einem derben Säckchen und einem halbflüssigen leicht löslichen Inhalte (Dextrin) bestehe und dass beide Theile chemisch verschieden seien. Diese Ansicht gab den Anstoss zu den vielen weitläufigen Arbeiten der französischen Chemiker, die unter einander sich um Worte und Nebendinge streitend doch der Hauptsache nach darin übereinstimmten, dass Stärke kein näherer Pflanzenstoff und das Stärkekorn aus chemisch sehr verschiedenen Substanzen zusammengesetzt sei. Hierher gehören insbesondere die Arbeiten von *Guibourt,* die älteren von *Payen* und *Persoz* und die von *Guérin-Varry.* Endlich nach zahlreichen Documenten über ihre Unfähigkeit zu vorurtheilsfreier und gründlicher Analyse organischer Stoffe kamen *Payen* und *Persoz* zu dem Schluss: »völlig von allen anhängenden Stoffen gereinigtes Stärkemehl ist doch ein einfacher, homogener, näherer Pflanzenstoff.« *Raspail's* Ansicht wurde gänzlich aufgegeben, die Structurverhältnisse nicht weiter gründlich erörtert; so in Frankreich. In Deutschland wurde die Stärke zuerst von *Fritsche** genauer untersucht und zwar mit Beihülfe des hier ganz unerlässlichen Mikroskops. Seine Resultate bilden die zweite Ansicht über die Natur des Stärkemehls, man kann sie jener der französischen Chemiker als die der deutschen Pflanzenphysiologen gegenüberstellen. Hiernach ist die Stärke aus übereinandergelagerten Schichten gebildet, die alle aus dem gleichen chemischen Stoffe bestehen. Die äussern Schichten sind durch Tränkung mit fremden Substanzen weniger leicht in

* *Poggendorff's Ann.* Bd. 32. S. 129 (1834).

Wasser auflöslich. Im Innern befindet sich ein äusserst kleiner Kern, welcher sich durch sein Verhalten bei Einwirkung von heissem Wasser, Säuren und Alkalien weder als Stärke, noch Gummi, noch als Zucker zeigt. Wesentlich bezieht sich dieses nur auf Kartoffelstärke, etwas anders rücksichtlich der Structur zeigen sich die Stärkekörner der Curcumawurzeln, welche längliche flache Scheiben, und der Cerealien, welche linsenförmige Körper darstellen. Dazu kam später die Beobachtung sehr abweichend unregelmässiger Formen im Milchsaft der Euphorbien (insbesondere durch *Meyen*). Hierbei ist der Hauptsache nach die Lehre stehen geblieben. An eine genauere Erforschung der Structurverhältnisse, an einen Versuch der Erklärung aller Erscheinungen, an sichere Bestimmung der chemischen Verhältnisse, endlich an eine umfassendere Vergleichung der Stärkemehlarten verschiedener Pflanzen ist bis jetzt noch nicht gedacht worden. Dies Alles wird nun von *Endlicher* und *Unger* auf folgende ungeniessbare Weise resumirt.

»Die Amylumkörner bestehen aus einem mehr oder weniger festen (?) Kerne, um welchen nach und nach entstandene Schichten von festerer (!) Beschaffenheit excentrisch angelagert sind, die sich manchmal sogar abblättern lassen (?). Wird die äussere Hülle (?) der Amylumkörner zersprengt, so löst sich das Innere selbst in kaltem Wasser auf und zwar 0,413 des ganzen Korns. Die chemische Beschaffenheit des Kernes ist von jener der Schichten, welche ihn ganz oder zum Theil umkleiden, nicht wesentlich verschieden (!). Jod färbt beide Theile in gleicher Weise blau! . . . . . . concentrirte (?) Mineralsäuren lösen das Amylumkorn auf, kochendes Wasser bewirkt durch Aufsaugung nur eine Vergrösserung desselben, wobei jedoch häufig ein Riss in den äussern Schichten (!) erfolgt, durch welchen der weichere Kern (!) herausgepresst wird. Der vermeintliche besondere Stoff des Kernes, das sogenannte Dextrin, besteht aus Gummi und Zucker (!!!) . . . .«

Für speciellere historische Nachweisungen sind zu empfehlen:

Poggendorff's Annalen Bd. 37 (1836) S. 123. *Meyen*, Physiologie S. 190. *Mulder* physiol. Chem. *Moleschott.* S. 215 ff.; ferner *Bischoff* über die Stärke der *Sassaparille* und *Scitamineen* in bot. Zeitung 1844. *J. Münter* Stärke in *Gloriosa superba* botan. Zeitung 1845. *J. Münter* Stärke im Stamm von *Nuphar luteum*, ebendaselbst. *Karl Müller*, über Bildung des Amylons, ebendaselbst.

6. **Zucker.** Im festen Zustande und ganz rein ist er krystallisirt, wasserhell, aber leicht auflöslich in Wasser! in einigen Formen unkrystallisirbar und dann meist (durch fremde Beimischungen?) gefärbt, gelb oder braun. In Alkohol wenig, in Aether, fetten und ätherischen Oelen nicht auflöslich, bildet mit Jodlösung nur eine Mischung. Die Analysen geben nach den verschiedenen Modificationen verschiedene Resultate:

	C.	H.	O.
Wasserfreie Bleioxydverbindung nach *Berzelius* und *Liebig*	12.	10.	10.
Krystallisirter Rohrzucker nach *Gay L.*, *Thén.*, *Berz.*, *Liebig*. . . .	12.	11.	11.
Traubenzucker aus der krystallisirten Kochsalzverbindung nach *Brunner*	12.	12.	12.
Ders. aus Trauben, Honig und Stärke nach *Saussure* und *Prout*. . . .	12.	14.	14.

Der Zucker der sich hauptsächlich durch seinen süssen Geschmack charakterisirt, ist vielleicht auch durch Mittelstufen, auf jeden Fall durch Inulin mit den andern genannten Stoffen verbunden, doch kennen wir solche Mittelbildungen noch nicht genügend. Er kommt weit in der Pflanzenwelt verbreitet vor, und zeigt sich besonders da, wo Stärkemehl oder die andern vorher genannten Stoffe gebildet werden sollen oder aufgelöst werden (unreife Hülsenfrüchte und Cerealien, Frühlingssaft der Bäume, z. B. *Acer*, *Betula*). In grosser Menge und längere Zeit bleibend findet man ihn in den Stengeln der Gräser (*Saccharum officinarum*, *Holcus sacharatus*, *Zea Mays*), in fleischigen Wurzeln (*Daucus carota*, *Beta vulgaris*) und in saftigen Früchten (*Pyrus communis*, *Ribes rubrum etc.*). Natürlich ist er in den Pflanzen immer aufgelöst enthalten; nur wenn er ausgeschieden wird, kommt er, obwohl selten, auch krystallisirt vor (in den Nektarbehältern z. B. bei *Fritillaria imperialis*). Mannit, Mannazucker

gehört nicht mit in diese Reihe, es ist nur ein Zersetzungsproduct des Rohrzuckers. Seine Formel ist $C_6\ H_{74}\ O_6$. Nach *Mitscherlich* enthält auch die mannaliefernde *Tamarix gallica* selbst kein Mannit, sondern Rohrzucker.

7) **Inulin** (Dahlin, Calendulin, Synantherin, Sinistrin). Aus Georginenknollen einfach durch öfteres Auswaschen dargestellt, ist es ein feinkörniges Pulver, die Körner wasserhell, leicht auflöslich in kochendem Wasser, aus dem es beim Erkalten sich körnig ausscheidet. Unlöslich in Aether und Alkohol. Wird durch Jod gelb gefärbt. Kaltes Wasser saugen die Körner ein und verschwinden dann unterm Mikroskop dem Auge, weil ihre lichtbrechende Kraft dann der des Wassers gleich ist. Daher die falsche Behauptung (*Link* und *Meyen*), dass das Inulin nur aufgelöst in der Pflanze vorkäme. Schon durch 15stündiges Kochen wird Inulin vollständig in nicht krystallisirbaren Zucker übergeführt (*Crookewitt*). Nach den Untersuchungen von *Mulder* und *Crookewitt* (*Liebig's* Ann. Bd. 44. S. 184.) besteht das Inulin aus *Dahlia, Helenium* und *Leontodon* im reinen Zustande aus



$$C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$$

ist also mit Stärkemehl und Zucker isomer. Inulin ist schon in vielen Pflanzen aufgefunden, an Stellen, wo sonst Stärke vorzukommen pflegt, z. B. in Knollen und fleischigen Wurzeln (*Inula Helenium*, *Georgina variabilis*), und ist wahrscheinlich ein sehr weit verbreiteter Stoff.

8) **Fette Oele und Wachs.** Die allgemeinste Eigenschaft dieser unter sich physikalisch und chemisch sehr verschiedenen Stoffe ist eben ihre Fettigkeit, d. h. die Eigenschaft, auf Papier einen bleibenden durchsichtigen Fleck zu machen und an Wasser nicht zu adhäriren. Ihre Farbe ist sehr verschieden, wasserhell, gelb und braun.

A. F e t t e. Sie sind sehr verbreitet und vertreten häufig die Stelle des Stärkemehls, z. B. in den Kotyledonen der Cruciferen (*Brassica*-Arten) der Synanthereen (*Helianthus annuus*, *Madia sativa*) und vieler anderer Pflanzen.

Sie finden sich in den Säften der Früchte und Wurzeln und es existirt vielleicht kein Pflanzentheil und keine Pflanze, die nicht geringe Mengen davon enthielten. Die verbreitetsten neutralen Fette in der Pflanzenwelt sind Elain und Margarin, beide nach *Mulder* aus Glycerin ($C_3\ H_2\ O$) und Elainsäure ($C_{44}\ H_{40}\ O_4 + H\ O.$) oder Margarinsäure ($C_{34}\ H_{34}\ O_3 + H\ O$). Elain ist flüssiger, Margarin fester, beide in verschiedenen Verhältnissen gemischt bilden die verschiednen in den Pflanzen vorkommenden Fettarten. Ausserdem kommen noch viele eigenthümliche Fettarten hin und wieder vor, in der Cocus- und Muskatbutter, im Palm- und Lorbeeröl u. s. w. — Alle bilden mit den Alkalien die sogenannten Seifen und werden dadurch in Wasser löslich. Sonst sind sie in Wasser völlig unlöslich, in Aether und Alkohol bald mehr bald weniger, in ätherischen Oelen leicht löslich. Ueber ihren Uebergang in die früher genannten Stoffe, der doch nach den Vorgängen beim Keimen der ölhaltenden Saamen nicht bezweifelt werden kann, wissen wir noch gar nichts.

B. W a c h s. Dieser Stoff von den Fetten hauptsächlich durch seine völlige Unlöslichkeit in kaltem Alkohol und seine Sprödigkeit verschieden, ist sehr weit in der Pflanzenwelt verbreitet und spielt eine wichtige Rolle. Es giebt wenig Pflanzen, die nicht Spuren davon auf ihrer Oberfläche ausschwitzen, bei allen sogenannten bereiften Pflanzen und Pflanzentheilen besteht der bläuliche Ueberzug aus einer dünnen Schicht ganz kleiner Wachskörnchen, dicker sind die Früchte der Myriceen, des *Croton sebiferum* u. a., *Tomex sebifera*, *Rhus succedaneum*, die Blätter von *Elymus arenarius*, *Encephalartos*, die Bracteen von *Musa paradisiaca* und *Strelitzia farinosa*, der Stamm von *Ceroxylon andicola* damit überzogen. In den Pflanzen scheint es überall als Grundlage des Blattgrüns und in vielen Pflanzenfamilien auch sonst als Zelleninhalt vorzukommen, z. B. in den B a l a n o p h o r e e n*, in reichlicher Menge findet es sich in den Milchsaft von *Galactodendron utile* (*Solly's Galactin*). Auch im Wachs schei-

* Vergl. *Göppert*, Bau der Balanophoreen in *Act. Acad. Leopold. Carol. Nat. Cur. Vol. XVIII. Supplem. p.* 236 *et* 253.

nen gewöhnlich zwei nähere Bestandtheile gemischt vorzukommen, Myricin in kochendem Alkohol unlöslich (C_{20} H_{20} O) und Cerin in kochendem Alkohol löslich (C_{10} H_{10} O). Wachs wird entschieden von den Bienen aus Zucker bereitet, eine Wachsart im Zuckerrohr scheint nach *Avequin* (*Ann. de Chem. et de Phys. Oct.* 1840 *p.* 218) bald in Zucker, bald dieser in jene Wachsart überzugehen. Das Wachs, welches Träger des Chlorophylls ist, scheint aus Stärke, vielleicht auch aus Inulin gebildet zu werden (vergl. *Mulder physiol. Chem.*, *Moleschott* S. 253 ff.). Die Zusammensetzung dieser letzteren Wachsart scheint nach *Mulder* (a. a. O. S. 277) in der Fruchtschale von Aepfeln C_{40} H_{32} O_{10}, aber in den meisten grünen Blättern, C_{18} H_{18} O, (a. a. O. S. 298) auf jeden Fall also eine verhältnissmässig sehr sauerstoffarme Substanz zu sein. Die meisten Wachsarten sind aber noch lange nicht genau genug untersucht. Nach der ersten Formel können 10 Aequiv Stärke (C_{120} H_{100} O_{100}) 3 Aeq. Wachs (C_{120} H_{96} O_{30}) bilden, wobei sich 4 H O und 66 O abscheiden; nach der zweiten Formel geben 5 Aeq. Stärke + 10 H O (C_{60} H_{60} O_{60}) unter Freiwerden von 56 O in 4 Aeq. Wachs (C_{60} H_{60} O_4) über.

§. 10.

Andere Stoffe treten zwar weder selbst als Zellenwände auf, noch bildet sich aus ihnen der Stoff der Zellenwände, gleichwohl ist ihre Gegenwart auch für den einfachsten Vegetationsprocess nothwendig. Sie bestehen aus C, H, O und N, zuweilen mit etwas P und S. Ich nenne sie mit einem Collectivnamen **Protoplasma**, die Chemiker geben ihnen verschiedene Namen, z. B. Eiweissstoff, Kleber, Gliadin, Zymon, Leim, Diastase, *Gluten vegetabile*, Legumin *etc.*

In allen lebensthätigen Zellen findet sich ausser den genannten Stoffen noch eine halbflüssige, in einander fliessend körnige Materie von blassgelblicher Farbe, oft ganz flüssig oft fester, die durch Alkohol ganz körnig, fadig oder halb membranös wird, mit Jod sich dunkelbraun färbt und nach manchen Erscheinungen sich als ein vielfach veränderlicher Stoff zeigt. Manche Modificationen desselben sind von den Chemikern, vielleicht nie ganz rein, und oft durch den Process der Darstellung schon verändert aus den Pflanzen abgeschieden worden und mit obigen Namen belegt. Alle charakterisiren sich durch bedeutenden Stickstoffgehalt und durch ihre später (§. 11.) zu erwähnende Einwirkung auf die in §. 9. genannten Stoffe. Sie sind in geringerer Menge vorhanden oder fehlen gänzlich in den stärkemehlhaltigen Pflanzentheilen, die für sich schwer oder gar nicht in Gährung übergehen, z. B. in den Kartoffeln, dem Roggen (*Secale cereale*), der Pfeilwurzel (*Maranta arundinacea*), sie finden sich überwiegend häufig in den leicht gährenden, z. B. in gutem Weizen, dem Wein u. s. w. Ich nehme dafür den Namen »Protoplasma« an, den *Mohl* zuerst vorgeschlagen.

In den meisten jugendlichen Zellen kommt das Protoplasma als ein zarter Ueberzug der ganzen inneren Fläche der Zellenwand vor (vergl. unten über Zellensaftbewegung). In den Leguminosensaamen kommen diese Stoffe in denselben Zellen, welche Stärke enthalten, in geringerer Menge, in grösserer Menge aber in besondern Zellen, dieselben ganz allein (?) erfüllend, vor. Ebenso liegt in den Körnern der Cerealien dicht unter der Saamenschale eine Schicht von Zellen, welche fast ausschliesslich von Protoplasma erfüllt sind, während die übrigen Zellen des Saameneiweisses fast nur Stärke mit wenig Protoplasma enthalten. In den Mandeln ist in allen Zellen das Protoplasma mit Oel gemischt und bittere wie süsse Mandeln zeigen unterm Mikroskop keinen wesentlichen Unterschied.

Die neuere Chemie hat das gesammte Protoplasma in Folge der Arbeiten von *Liebig* und *Mulder* in drei Gruppen vertheilt, in Eiweiss (Pflanzeneiweiss), Faserstoff (Kleber in Cerealien) und Käsestoff (Legumin in Hülsenfrüchten), die mit den gleichnamigen Stoffen des thierischen Körpers identisch sind. *Dumas* fügt als vierte Gruppe noch den Leim (*gelatina animalis*) hinzu, welcher Antheil an der Zusammensetzung

des Klebers haben soll. *Mulder* hat nachgewiesen, dass ihnen allen ein gleicher Stoff, das Protein (aus H_{31} C_{40} N_{10} O_{12}) zu Grunde liege und dass die Verbindung dieses Stoffes mit S (10 Pr + S) Käsestoff, mit P und weniger S (10 Pr + 1 P + 1 S) Faserstoff, mit mehr S (10 Pr + 1 P + 2 S) Eiweiss ist. Um sie einzeln in der Pflanzenzelle unterscheiden zu können, giebt es noch kein Mittel und alle sind in ihren Eigenschaften so variabel, dass man sie nur als Gruppen von Stoffen ansehen kann. Durch *Liebig's* Nachweisung, dass der thierische Körper unfähig sei, einen der genannten Stoffe zu bilden, sondern sie fertig aus der Nahrung aufnehmen müsse, haben sie eine neue ganz eigenthümliche Wichtigkeit erhalten. Nach den Untersuchungen von *Rochleder* und *Hruschauer* (*Liebig's* Ann. Bd. 45, S. 253 u. B. 46. S. 348) scheinen diese Stoffe im ganz reinen Zustande schwache Säuren darzustellen. Auffallend in dieser Beziehung ist ihre constante Verbindung mit Alkalien und Erden, besonders phosphorsauren Salzen (vielleicht zu Doppelsalzen) im pflanzlichen und thierischen Organismus.

§. 11.

Die in §. 9. angeführten Stoffe gehen unendlich leicht in einander über und scheint dazu die Gegenwart des Protoplasma in der Pflanzenzelle erforderlich. Stufenweis scheinen sie alle Formen zu durchlaufen vom löslichsten, dem Zucker, bis zum unlöslichsten, dem Membranenstoff.

Schon aus der obigen Darstellung und Hinweisung auf die Uebergangsbildungen zeigt sich, dass die im §. 9. aufgeführten Stoffe nicht scharf umschriebene Arten von Materie sind, die so neben einander stehen, wie etwa Schwefelsäure und schwefelige Säure, Eisenoxydul und Oxyd, sondern dass eine ziemlich stetige Reihe von Veränderungen von einem Stoff zum andern überführt; künstlich gelingt es uns bei vielen derselben, sie durch Vermischung mit dem Schleim oder durch Einwirkung von Schwefelsäure, Alkalien, selbst durch leichtere chemische Processe, z. B. wiederholtes Auflösen und Abdampfen in einander überzuführen. Man hat die Eigenschaft des Protoplasma, der Schwefelsäure u. s. w. in anderen Stoffen chemische Veränderungen hervorzurufen, ohne selbst dabei verändert zu werden, mit *Berzelius* katalytische, mit *Mitscherlich* Contactwirkung genannt, andere Worte, aber ebenso ohne Erklärung, hat *Liebig* dafür gegeben. Vorläufig müssen wir uns damit begnügen, dass es so ist. In der Pflanze, wo, wie gesagt, neben den erstgenannten Stoffen beständig auch Protoplasma vorkommt und auf jene einwirkt, befinden sie sich in einer beständigen Metamorphose begriffen, von der einige nur auf kurze Zeit sich gleichsam auszuruhen scheinen. Fast alle jene veränderlichen Stoffe scheinen nach einer gleichen chemischen Formel zusammengesetzt und variiren nur im Wassergehalt, seltner durch den Sauerstoffgehalt. Sollte es nicht sehr wahrscheinlich sein, dass in ihnen ein gemeinschaftlicher Grundstoff nur durch verschiedene Hydratzustände und durch physikalische Veränderungen in der Dichtigkeit u. s. w. so verschiedene Erscheinungsweisen annähme? Hier ist wie mir scheint, noch immer ein grosses Feld für die Chemie.

Auf jeden Fall ist so viel gewiss, dass die räthselhaften Eigenheiten in dem physikalischen Process, den man Leben nennt, und welche man einer besondern Lebenskraft zuschreiben zu müssen glaubte, weil die verwickelten Combinationen der einfachen zu Grunde liegenden Kräfte die Fassungskraft der Menschen überstieg, zum grösseren Theil grade in der Eigenthümlichkeit des organischen Stoffes begründet sind, welcher durch die kleinsten Einwirkungen so modificirt wird, dass er den mit ihm in Berührung kommenden Theilchen ganz neue Eigenschaften entgegenstellt, durch diesen Conflict vielleicht wieder verändert, abermals in anderer Weise auf seine Umgebungen einwirkt u. s. f., wodurch eben ein beständiges Spiel chemischer und physikalischer Thätigkeiten erhalten werden kann und bei gegebenen Anfangscombinationen auch erhalten werden muss.

Wir kennen bis jetzt mit Sicherheit, weil ausser der Pflanze vor sich gehend, den Uebergang von Zellstoff in Stärke, von Stärke in Dextrin, von Dextrin und Rohrzucker in Traubenzucker, von Traubenzucker in Gummi (bei Gährung des Runkelrübensaftes). Alle diese Metamorphosen, mit Ausnahme der ersten, die nur durch Schwefelsäure bewirkt wird, werden auch durch stickstoffhaltige Substanzen (Protoplasma) herbeigeführt. Mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen wir aus den in der Pflanze leichter zu beobachtenden Substitutionen, unterstützt durch chemische Analogien, auf einen Uebergang von Zucker in Dextrin, von Dextrin in Stärke, Amyloid, Zellstoff, Pflanzengallerte, von Zucker und Stärke in Wachs, von Stärke in fette Oele, von Fetten in Zucker und Dextrin. In diesen Umwandlungen gleich oder sehr ähnlich zusammengesetzter Stoffe durch blosse Aufnahme oder Ausscheidung von Wasser oder Sauerstoff beruht die hauptsächlichste Grundlage des vegetabilischen Stoffwechsels, der Bildung und Umbildung der Elementarorgane und somit eines wesentlichen Theils des sogenannten Lebens. Wer sich mit Pflanzenphysiologie beschäftigen will, und das muss jeder Botaniker der auf Wissenschaftlichkeit Anspruch macht, darf sich daher einem gründlichen Studium der betreffenden Abschnitte der organischen Chemie durchaus nicht entziehen.

Zweiter Abschnitt.

Von den übrigen unter dem Einfluss der Vegetation entstandenen organischen Stoffen.

§. 12.

Von den unzähligen in den Pflanzen vorkommenden Bestandtheilen sind einige zu erwähnen, die eine sehr allgemeine Verbreitung haben und in einer näheren Beziehung zum allgemeinen Vegetationsprocess zu stehen scheinen; dahin rechne ich 1) das Chlorophyll oder Blattgrün; 2) die andern Pflanzenfarbstoffe; 3) die Aepfel-, Citronen-, Weinsäure und die Gallertsäuren; 4) die Alkaloide; 5) den Gerbstoff; 6) das Viscin und Kaoutschouk; 7) Humus.

1. Chlorophyll (Blattgrün, *faecula viridis*, *chromula*, *Phytochlor*, grünes Pflanzenwachs etc.). Wenn man einen grünen Pflanzentheil zerquetscht und mit Alkohol extrahirt, so erhält man eine grüne Tinktur. Dunstet man, am besten unter der Luftpumpe, zum Trocknen ab, so erhält man eine grüne fettige Masse (die mit Aetzkali eine Seife bildet). Löst man sie in Aether auf, vermischt die Auflösung mit Wasser und lässt den Aether verdunsten, so erhält man etwas weniger schmierige Kügelchen, die grade wie die Tinctur bei auffallendem Lichte grün, bei durchfallendem Lichte burgunderroth erscheinen. Aehnliche Kügelchen scheiden sich aus der weingeistigen Tinctur durch Frostkälte ab. Wenn man die letzte Tinctur mit Wasser vermengt und über Feuer den Alkohol abdampft, so fällt ein Theil der fettigen Substanz nieder, das Wasser aber färbt sich braungelb und erhält einen charakteristischen Geruch nach braunem Thee. So ist das, was man gewöhnlich Chlorophyll nennt. Mit Schwefelsäure behandelt wird es entweder nicht verändert oder verkohlt, niemals aufgelöst oder blau*. In ätherischen oder fetten Oelen ist es auflöslich.

In allen im Licht wachsenden Pflanzen (einen Theil der Algen, Flechten, Pilze und die ächten Parasiten ausgenommen) findet sich dieser Stoff entweder die Zellenwände gleichförmig oder in spiraligen Bändern (bei *Spirogyra*), oder den körnigen Inhalt

* Wie *Clamor Marquart* über die Pflanzenfarben, Bonn, 1834, fälschlich angiebt. Vergl. dagegen auch *Hugo Mohl* über die winterliche Färbung der Blätter. Tübingen, 1837.

der Zelle (oft Stärke, aber auch eben so oft andere Stoffe) überziehend*. Nur in dem letzteren Sinne ist in der Folge von Chlorophyllkörnern die Rede, da mir Körner, die ganz aus Chlorophyll beständen, nicht bekannt sind. In Bläschen kommt es wohl niemals vor**.

Dies Chlorophyll besteht aus einem weissen wachsartigen Stoffe (vergl. S. 135) und dem eigentlichen grünen Farbstoff. Von der erstern Substanz enthält es noch mehr, wenn der erste Auszug der grünen Theile mit Aether gemacht ist. — Der reine grüne Farbstoff entsteht fast überall augenblicklich unter Einwirkung des Lichts, was vorauszusetzen scheint, dass in der Pflanze ein allgemein verbreiteter Bestandtheil die Grundlage zur Bildung des reinen Farbstoffs sein muss (farbloses Chlorophyll), aber er wird auch eben so leicht unter dem Einfluss des Lichts zersetzt. Zu den Zersetzungsproducten gehören insbesondere ein gelber, ein blauer und ein schwärzlicher Farbstoff, unter Umständen scheint (nach *Mulder*) auch Wachs (?) aus dem grünen Farbstoff gebildet werden zu können, die gelben Blätter im Herbst enthalten verhältnissmässig mehr Wachs, als die grünen im Sommer, die Schalen der gelben reifen Früchte mehr als die grünen Schalen der noch unreifen (aber bei beiden findet sich auch anfänglich mehr an Stärke oder dem äquivalenten Inulin als später). Die noch allein dastehende von *Mulder* selbst als noch ungenügend bezeichnete Analyse giebt: $C_{18} H_9 N_2 O_8$ also einen Stoff, der als stickstoffhaltig ganz ohnmöglich aus der Stärke ohne weiteres entstehen kann; *Meyen's**** Behauptung dieser Thatsache ist auch offenbar eine blosse Fiction. Dagegen wissen wir, dass gleichzeitig mit der Entstehung jeder Pflanzenzelle Protein und Proteinverbindungen auftreten und dass diese Stoffe wenigstens in den grün werdenden Pflanzentheilen niemals fehlen. Es liegt daher nahe an eine Entstehung des Chlorophylls aus dem Protein zu denken. Sehr verwandt mit dem reinen Blattgrün scheint auch der Grundstoff des Indigo in den grünen Blättern der *Indigofera*-arten, des *Polygonum tinctorium*, der *Isatis tinctoria* etc. zu sein. Blauer Indigo ist: $C_{16} H_5 N_2 O_2$; weisser (desoxydirter) Indigo: $C_{16} H N_2 O_2$. Der reine grüne Farbstoff lösst sich in Salzsäure, Schwefelsäure und Alkalien mit grüner Farbe auf und kann daraus unverändert wieder gefällt werden, löslich ist derselbe ferner in Alkohol und Aether, unlöslich in Wasser. Dem Licht ausgesetzt oder mit Wasserstoff in *statu nascenti* behandelt, wird er entfärbt.

Die verschiedenen Nuancen der grünen Pflanzentheile beruhen auf sehr verschiedenen Ursachen, theils auf der Natur des Chlorophylls, ob es reiner oder mehr oder minder mit seinen (gelben, blauen oder schwarzen) Zersetzungsproducten gemischt ist, theils auf der Menge des Chlorophylls in den einzelnen Zellen, theils auf der dichteren oder lockeren Aneinanderlagerung dieser Zellen, so z. B. erscheint die untere Seite so vieler Blätter von matterem und hellerem Grün, weil zwischen den Zellen so viele grosse lufterfüllte Intercellularräume sich befinden, was bei auffallendem Lichte dem Grün mehr oder weniger Weiss beimischt. Die gefleckten (panachirten) Blätter entstehen entweder dadurch, dass einzelne Zellengruppen nur den gelben Zersetzungsstoff des Chlorophylls enthalten wie bei *Phalaris arundinacea picta* (eine auf trockenem Boden entstandene, im sumpfigen Standort wieder verschwindende Spielart), *Ilex aquifolium foliis variegatis* etc., oder es löst sich an bestimmten Stellen die mit farblosen Säften gefüllte Oberhaut von dem darunter liegenden grünen Zellgewebe ab und die dazwischen tretende zarte Luftschicht erscheint dann als silberglänzender Fleck, so bei *Begonia argyrostigma* u. a., bei *Silybum marianum* u. s. w.

---

* *Hugo Mohl*, Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Tübingen, 1837.

** *Link, Elem. phil. bot. Ed. II.* giebt auch nicht an, wie er sich vom Dasein der Bläschen überzeugt. In neuerer Zeit ist diese Behauptung vielfach wiederholt worden, ich glaube aber bis jetzt noch ohne genügenden Grund.

*** *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 193.

— Endlich wird die grüne Farbe noch bedeutend modificirt durch die mehr oder minder starke Absonderung von Wachs auf der Oberfläche, welche bei einigen Pflanzen eine so dicke Lage kleiner silberglänzender Schüppchen bildet, dass sie fast schneeweiss erscheinen, z. B. *Elymus arenarius*.

2. Die Pflanzenfarben. Bis jetzt sind sie noch wenig genau untersucht. Man kann im Allgemeinen auflösliche und unauflösliche unterscheiden. Die letzteren finden sich in den Zellen als Kügelchen von gelber (*Fritillaria imperialis*), rother, selten von blauer Farbe (in *Strelitzia farinosa*), sie sind häufig in Alkohol, Aether und ätherischen Oelen auflöslich, vom Alkohol getrennt nicht fettig, sondern harzartig. Die ersteren finden sich, so viel ich weiss, nur roth (durch eine Säure) und blau (letzteres durch ein Alkali) im Zellensaft aufgelöst (z. B. in den meisten rothen Pflanzentheilen, in den Blumen von *Echium vulgare etc.*). Sie sollen alle eine Stickstoffverbindung* enthalten. Es kommen aber noch manche andere Farbstoffe vor, z. B. rothe (*Iberis umbellata*), blaue (Veilchensaft), die durch Alkalien grün werden und chemisch sehr verschieden zu sein scheinen von den vorigen. Im Ganzen ist hier die Chemie noch sehr zurück.

Geschichtliches. Im Jahre 1834 erschien ein Buch von *Clamor Marquart* über die Pflanzenfarben, welches grosses Aufsehen gemacht und von Pflanzenphysiologen und Chemikern um die Wette abgeschrieben ist. Er stellt die Sache so dar: Chlorophyll ist der Mittelstoff, daraus bildet sich durch Wasseraufnahme bei Einwirkung der Alkalien (können die nicht anders wirken, als dass sie zur Wasseraufnahme disponiren?) das *Anthoxanthin*, der Farbestoff der gelben Farbereihe (nach den angegebenen Pflanzen lauter harzartige, also in Wasser unlösliche Stoffe und das durch Wasseraufnahme aus einem fettigen Stoff!), durch Wasserentziehung, z. B. durch Schwefelsäure (muss denn diese nur Wasser entziehend wirken?) das *Anthocyan* (nach den angegebenen Pflanzen fast lauter in Wasser auflösliche Farbestoffe durch Wasserentziehung!!). Dabei giebt *Cl. Marquart* an, er habe sich nicht bemüht die Farbestoffe erst rein darzustellen, da es ihm ja nur auf die Farbe ankomme, und das sagt ein Chemiker, der weiss, dass ein paar Atome Wasser den Eisenvitriol grün, den Kupfervitriol blau färben? Es bedarf keiner grossen chemischen Kenntnisse, um die völlige Unbrauchbarkeit der Arbeit von vorn herein einzusehen.

Durch falsche Auffassung zum Theil noch mehr verkehrt ist die ganze *Marquart*'sche Lehre ohne Quellenangabe abgeschrieben in *Endlicher* und *Unger* Grundzüge der Botanik S. 20. — Ueber das Chlorophyll haben wir vortreffliche Arbeiten von *Berzelius* (Hdb. d. Ch.) und *Mulder* (physiol. Chem. *Moleschott*) erhalten, denen ich in Vorstehendem hauptsächlich gefolgt bin. Die übrigen Pflanzenfarben, die technisch wichtigen (physiologisch aber grade unwichtigsten) Farbstoffe abgerechnet, erwarten noch ihre Bearbeiter.

3. Die Weinsäure (*Acidum tartaricum*, $\overline{\text{T}}$.), die Citronensäure (*Acidum citricum*, $\overline{\text{Ci}}$.) und die Aepfelsäure (*Acid. malicum*, $\overline{\text{Ma}}$.) und die Gallertsäuren (pectinige und Ueberpectin-Säure) finden sich theils einander folgend, theils einzeln in fast allen saftigen, säuerlichen Früchten, und vielleicht sonst auch in vielen säuerlichen Pflanzensäften (z. B. äpfelsaurer Kalk in *Sempervivum tectorum*, pectinigsaurer Kalk in den weissen Rüben). Aus dem Reifen der Früchte hat man geschlossen, dass sie in eigenthümlicher Beziehung zum Zucker stehen, leicht aus demselben entstehen und in denselben übergehen. Doch ist hier noch ein weites Feld für genauere Untersuchungen. *Liebig*** glaubt die Vermuthung aussprechen zu dürfen, dass bei Gegenwart von Alkalien das kohlensaure Wasser in Oxalsäurehydrat, dieses in Weinsteinsäure, Aepfelsäure und endlich in Zucker und Dextrin über-

---

* Nach *Liebig*, Organ. Chemie S. 66.

** Org. Chemie in Anw. auf Agricult. 5. Aufl. S. 188.

geführt werde, dass also die Pflanzensäuren gleichsam Mittelglieder zwischen den unorganischen und organischen Stoffen seien. Dies ist eine von *Liebig's* höchst genialen Combinationen, denen aber leider noch gar keine Beobachtung in der Wirklichkeit die Hand bietet. Es scheint als ob bei älteren Zellen die Wand von pectinsaurem Kalke imprägnirt und auch dadurch der Charakter des Zellstoffs gegen Reagentien modificirt werde. Ueber die Pectinsäure haben wir eine ausführliche Arbeit von *Chodnew** erhalten. Die chemische Zusammensetzung der genannten Säuren ist nach *Berzelius* und *Liebig* folgende:

	C.	H.	O.
Weinsäure	8.	4.	10.
Citronensäure	12.	5.	11.
Aepfelsäure	4.	2.	4.
Pectinige Säure	28.	21.	25.
Ueberpectinige Säure	28.	19.	28.

4. **Die Alkaloide** so wie die übrigen Pflanzensäuren sind bis jetzt nur insofern für das Leben der Pflanze wichtig, als sich die Bemerkung von *Liebig* (Org. Chem. S. 92.) auch auf diese beiden Classen von Stoffen erstreckt. Viele Pflanzen scheinen die Fähigkeit zu haben, wenn es ihnen zur Sättigung einer Base an unorganischen Säuren, oder umgekehrt zur Sättigung letzterer an unorganischen Basen fehlt, organische Säuren und Basen zu diesem Zwecke zu bilden. So finden wir in den ohne Boden sprossenden Kartoffeln eine Menge Solanin, so vertreten sich Chinin, Cinchonin und Kalk in der China, so wird die Meconsäure im Opium zuweilen durch Schwefelsäure ersetzt (*Liebig* org. Chem. S. 93)

5. **Der Gerbestoff** (Gerbsäure, Tannin u. s. w.) und Gallussäure. In den meisten Pflanzen (besonders Phanerogamen und Farnkräutern) kommt mehr oder minder häufig ein Stoff vor, welcher Lakmus röthet, zusammenziehend schmeckt und thierischen Leim in Leder umwandelt. Der Stoff scheint nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden modificirt zu sein. Es scheint mehr in Zellen mit geringen Vitalitätserscheinungen vorzukommen, z. B. Holz, Borke, in früh absterbenden Excrescenzen, z. B. den Gallen, doch auch in vielen Blättern in reichlicher Menge (bei *Thea*, den Ericeen u. a.), hier aber vielleicht auch nur in den Gefässbündeln oder weniger kräftig vegetirenden Zellen (in den perennirenden Blättern). Häufig, z. B. in der Borke haben die Zellen wenig oder gar keinen Inhalt und ich möchte die Vermuthung wagen, dass der Gerbestoff überall nur in der Substanz der Zellenwandung, vielleicht als ein Product des beginnenden Zersetzungsprocesses des Zellstoffs vorhanden ist. Wenn 2 Aeq. Zellstoff (24 C, 20 H, 20 O) 16 O aus der Luft aufnehmen, so können sich 12 H O (Wasser) bilden, 6 CO^2 (Kohlensäure) entweichen und 1 Gerbestoff (18 C, 8 H, 12 O) bleibt übrig. Die Bildung von Gerbstoff lässt sich also bequem als eigenthümlicher Verwesungsprocess der Zellenmembran ansehen. Nach *Mulder's* Formel des Zellstoffs (C_{24} H_{21} O_{21}) würden nur 4 O aufgenommen und unter Abscheidung von 13 H O ein Aeq. Gerbsäure gebildet. In der lebendigen Zelle kommen wenigstens gar manche Stoffe vor, die neben dem Gerbstoff nicht bestehen könnten, z. B. das Protoplasma**. Die Formel der Gallussäure ist C_4 H_3 O_3 1 Aeq. Zellstoff + 6 O wäre hier gleich 3 Aeq. Gallussäure + 1 H O. Aber wahrscheinlicher entsteht die Gallussäure nur als Verwesungsproduct der Gerbsäure 1 Aeq. Gerbsäurehydrat + 8 O = 2 Aeq. Gallussäurehydrat + 4 CO^2.

6. **Das Viscin** (Vogelleim) **und das Kaoutschouk** ist bis jetzt von den Chemikern nur in wenigen Pflanzen aufgesucht und untersucht worden. Viscin ist ein wasserheller, sehr klebriger, in Wasser unlöslicher Stoff, der in den Beeren der

---

* *Liebig's* Annalen Bd. LI.

** »Die Gerbsäure ist immer im Zellsafte aufgelöst« sagen *Unger* und *Endlicher* (Grdz. d. Bot. S. 19.), woher sie das wissen, erfährt man aber nicht. Wie kommt es denn, dass die völlig saftlose Eichenborke soviel Gerbsäure enthält?

Mistel (*Viscum album*), im Fruchtboden von *Atractylis gummifera*, in dem Milchsafte der noch grünen Zweige von *Fiscus elastica* u. s. w. vorkommt. Man muss aber auch den eigenthümlichen Stoff, der in der Proscolla bei den Orchideen und als fadenartiges Gewebe zwischen dem Pollen derselben Pflanzen vorkommt, sowie die Flüssigkeit, welche die Drüsen am Stigma der Asclepiadeen ausschwitzen, endlich das Product der Drüsen unter den Antheren einiger Apocyneen, z. B. *Nerium Oleander*, hierher rechnen. Untersucht man die Entwickelungsgeschichte dieser Theile, sowie die Bildung des Viscins beim *Viscum album*, so findet man, dass sich überall dieser Stoff durch Auflösung vorhandner Zellen bildet. Bekannt ist, dass bei fast allen Zersetzungen des Zellstoffes Kohlenstoff in Ueberschuss bleibt, und damit stimmt recht gut die Analyse des Viscins überein, welches besteht:

	C.	H.	O.
(*Macaire Prinsep*) aus	75,6.	9,2.	15,2.

Das Kaoutschouk oder doch ein wesentlicher Bestandtheil desselben scheint zum Viscin fast in demselben Verhältniss zu stehen, wie Gummi zu Pectin. Es gehört zu den Excretionsstoffen und findet sich daher nur in den Milchsäften der Pflanzen, vorzüglich aus den drei *Jussieu*'schen Familien der *Urticeae, Euphorbiaceae* und *Apocyneae*. Die Milchsäfte anderer Familien sind sehr arm an Kaoutschouk, obwohl es in keinem ganz zu fehlen scheint. Der Stoff, der allen chemischen Angriffen trotzt, nur in Aether aufquillt und sich vertheilt (nicht auflöst) und durch trockne Destillation einige merkwürdige Producte liefert (vergl. *Himly de Kaoutschouk ejusque siccae destillationis productis*. Göttingen, 1835), hat viel Eigenthümliches und Unerklärtes, sein Verhältniss zur Pflanze, seine Entstehung u. s. w. sind uns noch völlig fremd. Im Milchsafte findet sich das Kaoutschouk in Gestalt kleiner Kügelchen, emulsionartig vertheilt. Beim Stehen des Saftes, besonders wenn dieser mit Salzwasser verdünnt ist, sammelt es sich allmälig an der Oberfläche als ein ganz weisser Rahm, der getrocknet blass gelblich und fast völlig durchsichtig ist. *C. H. Schulze*, der in jeder Beziehung über Milchsaft und Milchsaftgefässe fabelhaft geträumt hat, lässt das Kaoutschouk analog dem Faserstoff des Blutes in der Flüssigkeit gelöst sein. *Mohl* hat ihn (in der botanischen Zeitg. 1843. Sp. 553.) zurechtgewiesen und, da das nicht half (ebendaselbst Sp. 825.), die verdiente Züchtigung zukommen lassen. Wer den jetzt so leicht käuflich zu erhaltenden Milchsaft der *Siphonia elastica* untersucht und dann noch der *Schulze*'schen Meinung beitritt, der kann nicht sehen oder will nicht sehen. Er diente mir zur Grundlage bei eignen Versuchen und ich kann nur alles bestätigen, was *Berzelius* in seiner Chemie darüber angiebt.

7. Der Humus (Humin und Huminsäure, Ulmin und Ulminsäure, Humuskohle, Humusextract, Geinsäure, Quellsäure, Quellsatzsäure). Wenn abgestorbene vegetabilische und thierische Stoffe der Einwirkung von Feuchtigkeit und Atmosphäre ausgesetzt sind, so wird im Allgemeinen Sauerstoff aus der Luft absorbirt, der sämmtliche Stickstoffgehalt verbindet sich mit dem nöthigen Wasserstoff zu Ammoniak, welches für sich oder mit gleichzeitig gebildeter Kohlensäure entweicht, wenn es nicht durch andere zufällig vorhandene oder sich bildende Säuren fixirt wird; der Kohlenstoff bildet Kohlensäure, der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Atmosphäre Wasser, und mit dem Stickstoff derselben, sobald die Zersetzung im geschlossenen Luftraum, also in den tieferen Lagen des Bodens vor sich geht, Ammoniak. Zuletzt bleibt nichts übrig als die unorganischen Salze der Pflanze oder des Thieres. Dazwischen liegen aber eine Menge Zwischenstufen. Die indifferente, unlösliche, kohlenstoffreiche Masse wird, wenn sie schwarz ist, Humin, wenn sie braun ist, Ulmin genannt, sog. Humuskohle. Ferner entstehen fünf bis jetzt bekannte Säuren. Humin- und Ulminsäure, Gein-, Quell- und Quellsatzsäure. Lange erhalten sich dazwischen Harz und wachsartige Stoffe, die man (zuweilen selbst mit rein grüner Farbe) noch in der aus 6 Jahr alten Blättern entstandenen Baumerde durch Aether in bedeutender Menge gewinnen kann. Die Säuren bilden mit den Alkalien und

selbst mit einigen Erden auflösliche Salze, die in Verbindung mit den unorganischen auflöslichen Salzen das sog. Humusextract bilden. Das ganze Gemenge von Stoffen (Humus, Baumerde, Dammerde) bildet vermischt mit den Verwitterungsproducten der verschiedenen Felsarten der Erdrinde die Ackererde oder den culturfähigen Boden, für einen grossen Theil der Pflanzen das eigentlich naturgemässe und zusagendste Medium des Wachsthums. Der Zeit nach entsteht zuerst Ulminsäure ($C_{40}\ H_{14}\ O_{12}$), diese geht durch Absorption von 2 O und Abscheidung von 2 H O in Huminsäure ($C_{40}\ H_{12}\ O_{12}$) und diese durch Aufnahme von 91 O und Abscheidung von 40 CO^2 und 24 H O in Geinsäure ($C_{40}\ H_{12}\ O_{14}$) über. Diese 3 Säuren sind für sich in Wasser fast unlöslich und werden durch stärkere Säuren aus dem alkalischen Bodenextract gefällt. In der Lösung bleiben die für sich in Wasser leicht löslichen Quellsäure ($C_{24}\ H_{12}\ O_{16}$) und Quellsatzsäure ($C_{48}\ H_{12}\ O_{24}$); letztere wird durch essigsaures Kupfer, erstere dann durch essigsaures Kupfer und kohlensaures Ammoniak als quellsatzsaures und quellsaures Kupfer gefällt.

Mulder erhielt aus drei Bodenarten durch Wasser aus 100 Theilen 0,424—2,771—1,540 auflösliche Bestandtheile, darunter quellsaure, quellsatzsaure und huminsaure Salze, aus dem Rückstand (?) zogen Alkalien noch 4,249 — 5,289 — 8,667 Theile aus, diese bestanden aus Gein-, Humin-, Ulmin-, Quell- und Quellsatzsäure.

Als Beispiel für die Bildung jener Stoffe kann folgendes dienen:

		C	H	O	N
7 Aequiv. Zellstoff + 8 Aequiv. O	=	84	70	78	
2 Aequiv. Humin.	=	80	24	24	
4 - Kohlensäure	=	4		8	
46 - Wasser	=		46	46	
		84	70	78	
oder 1 Aequiv. Protein 4 Aequiv. O	=	40	31	16	10
1 Aequiv. Humin.	=	40	15	15	
1 - Wasser	=		1	1	
5 - Ammoniak	=		15		10
		40	31	16	10

Humin, Ulmin und Geinsäure haben eine ausnehmende Verwandtschaft zum Ammoniak und können, da die Atmosphäre solches beständig enthält, nur mit äusserster Sorgfalt der Behandlung ammoniakfrei erhalten werden. Noch grösser ist die Verwandtschaft der Quellsatzsäure und Quellsäure zu dieser Basis. Nach *Mulder's* Darstellung ist im Boden sich bildende Salpetersäure (als Verwesungsproduct des Ammoniaks) der Stoff welcher mit der Geinsäure quellsatzsaures Ammoniak und aus der Quellsatzsäure Quellsäure bildet. Diese beiden Säuren sind vier- und fünf-basisch und führen so (wenn nur 1 Aeq. Ammoniumoxyd darin ist, in löslicher Form) der Pflanze eine Menge anorganischer Substanzen zu. — Man vergleiche hierüber insbesondere *Mulder Bullettin des sciences phys. et nat. en Neerlande Année* 1840. *Livr.* 1. und physiologische Chemie *Moleschott* S. 146 ff.

§. 13.

Ausser den im vorigen Paragraphen betrachteten finden sich noch eine zahllose Menge von Stoffen in den Pflanzen, die vielleicht zum geringsten Theile bis jetzt bekannt sind und auf das Leben der Pflanze im Allgemeinen von sehr geringem Einfluss zu sein scheinen. Hierher gehören gewisse von den Chemikern gemachte Classen von Stoffen, z. B. die meisten Pflanzenalkaloide, die meisten Pflanzensäuren, die Harze, ätherischen Oele, Farbestoffe u. s. w. Viele muss man gradezu als Secretionsstoffe ansehen. Alle aufzuzählen wäre hier nicht am Ort. Man vergleiche darüber chemische Handbücher.

Ein grosser Theil der Pflanzensäuren, fast alle Alkaloide, viele Harze u. s. w. kommen nur in eignen Höhlen (Secretionsbehältern) oder in den sogenannten Milchsaftgefässen, niemals in der Pflanzenzelle vor, andere, wie z. B. ätherische Oele und Harze, finden sich zwar in einzelnen Zellen, füllen dieselben aber dann häufig ausschliesslich aus, wodurch jede fernere chemische Umbildung unmöglich wird, die Zelle als todt erscheint. Manche unter ihnen können unter Umständen ganz fehlen (z. B. der giftige Stoff des Schierlings bei den Pflanzen der asiatischen Steppen), oder durch andere ersetzt werden, ohne dass die Vegetation der Pflanze darunter im geringsten leidet. Daher glaube ich sie bei der allgemeinen Betrachtung des Pflanzenlebens geradezu als unwesentliche Stoffe bei Seite stellen zu dürfen. Auch liesse sich doch wenig oder gar nichts darüber sagen, weil die Chemie in dieser Beziehung, soweit es nicht die Untersuchungen der aus der Pflanze abgeschiedenen und meist schon veränderten Stoffe betrifft, kaum angefangen hat vorzuarbeiten.

Zweites Buch.

Die Lehre von der Pflanzenzelle.

Erstes Capitel.

Formenlehre der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich betrachtet.

§. 14.

Unter Pflanzenzelle (*cellula*) verstehe ich ausschliesslich das Elementarorgan, welches vollständig entwickelt eine aus Zellstoff gebildete Wandung und eine halbflüssige stickstoffhaltige Auskleidung besitzt und das einzige wesentliche Formelement aller Pflanzen bildet, ohne welche eine Pflanze nicht besteht.

Nur in einer Flüssigkeit, die Zucker, Dextrin und Proteinverbindungen (Bildungsstoff, *Cytoblastema*) enthält, können sich Zellen bilden. Die Proteinverbindungen scheinen auch hier wie bei den chemischen Metamorphosen (vergl. §. 11.) die ersten Erreger des Processes zu sein. Man muss zweierlei unterscheiden.

I. Bildung von Zellen ohne Einfluss einer schon vorhandenen Zelle. Dies geschieht in den gährungsfähigen Flüssigkeiten. Es entsteht ein Kügelchen stickstoffhaltiger Substanz, in demselben bildet sich eine Höhlung, es wächst und die fertige Zelle hat einen zarten Ueberzug von Zellstoff, ohne dass man den Zeitpunkt seiner Entstehung angeben kann.

II. Bildung von Zellen unter dem Einfluss einer schon vorhandenen fertigen Zelle, oder Vermehrung der Pflanzenzelle. Die Vermehrungsweise der Pflanzenzellen scheint nicht durchweg demselben Typus zu folgen. — Es scheint dass man schon jetzt wenigstens zwei Vermehrungsarten unterscheiden kann.

1. Die stickstoffhaltige Substanz, das *Protoplasma*, tritt zu einem mehr oder weniger runden zuletzt scharf umschriebenen Körper, Zellenkern (*Cytoblastus*) zusammen, auf demselben lagert sich eine Schicht Protoplasma ab, welche sich blasenartig ausdehnt und die spätere Auskleidung der Zelle bildet und schon früh umgiebt sich das Ganze mit einer Wandung von Zellstoff und die Zelle ist vollendet. Dies scheint vorzüglich im Keimsack und im Keimbläschen Statt zu finden.

2. Der gesammte Inhalt einer Zelle einschliesslich der stickstoffhaltigen Auskleidung theilt sich in zwei Portionen die durch eine lichtere Zone getrennt erscheinen, und um jede Portion herum bildet sich eine Wandung von Zellstoff. Der Zellenkern scheint hierbei sich verschieden zu verhalten indem er sich

a) theilt und dadurch verdoppelt, so dass jeder der neu entstandenen Zellenkerne den Mittelpunkt für eine zu bildende Portion des Zelleninhalts wird, oder indem er

b) verschwindet, so dass erst nach der Entstehung der beiden neuen Zellen sich in jeder auch ein neuer Zellenkern entwickelt.

Diese Vermehrungweise (2) scheint in den übrigen Theilen der Pflanze vorzukommen.

Die Untersuchungen sind hierüber aber noch lange nicht geschlossen.

Von der Bezeichnung »Zelle« schliesse ich alle hohlen Elementartheilchen der Pflanze aus, welche nicht die im Paragraphen angegebenen Charaktere an sich tragen und mir scheint dies der einzige Weg um grossen Verwirrungen vorzubeugen, wie sie in der thierischen Histologie zum Theil angefangen haben sich geltend zu machen.

Ich bin leider bis jetzt durch andere Arbeiten verhindert worden meine Untersuchungen über Zellenbildung vollständig wieder aufzunehmen. Ich gebe daher in Folgendem die Resultate meiner früheren Arbeiten nebst den Resultaten der wenigen Beobachtungen, welche ich später beiläufig zu machen Gelegenheit hatte und lasse dann einen kurzen Bericht über die Arbeiten anderer folgen.

1. Vielleicht wird die geistige Gährung, genauer erforscht, uns dermaleinst am sichersten über den Process der Zellenbildung aufklären. Wir haben hier als gegeben eine Flüssigkeit, in der Zucker, Dextrin und eine stickstoffhaltige Materie, also Cytoblastem vorhanden ist. Bei der gehörigen Wärme, die vielleicht zur chemischen Wirksamkeit des Protoplasma nöthig ist, entsteht hier, wie es scheint, ohne Einfluss einer lebenden Pflanze ein Zellenbildungsprocess (die Entstehung der sogen. Gährungspilze), und vielleicht ist es nur die Vegetation dieser Zellen, welche jene eigenthümlichen Veränderungen in der Flüssigkeit hervorruft. Ob man diese Organismen Pilze oder sonst wie nennen will, ist sehr gleichgültig, ob sie allein den Process der Gährung durch ihren Lebensprocess bedingen, allerdings noch genauer zu untersuchen, wer aber ihre Existenz und ihre Natur als vegetabilische Zellen heutzutage noch leugnet, verdient nur ein mitleidiges Achselzucken als Antwort.

Ich will hier etwas ausführlicher meine eigenen Beobachtungen über die Hefenzellen mittheilen. Ich zerrieb Johannisbeeren mit etwas Zucker, presste den Saft durch ein Tuch, verdünnte ihn mit Wasser und filtrirte ihn durch doppeltes Papier. Die Flüssigkeit war hellroth, ganz klar und durchsichtig, unterm Mikroskop zeigte sie keine Spur von Körnchen, wohl aber eine nicht unbeträchtliche Menge feiner wasserheller Oeltröpfchen. Nach 24 Stunden opalisirte die ganze Flüssigkeit und nun erschienen unterm Mikroskop eine Menge Körnchen (Fig. 9. *a.* der Kupfertafel) darin suspendirt. Am zweiten Tag hatten sich diese Körnchen sehr vermehrt und es fanden sich die Uebergangsstufen von denselben bis zu ausgebildeten Hefenzellen (Kupfertafel Fig. 9. *a. b, c*). Zugleich stiegen, obwohl selten, einzelne Bläschen (Kohlensäure) aus der Flüssigkeit auf. Am vierten Tag war die Gährung sehr lebhaft. Es hatte sich auf dem Boden des Glases und auf der Oberfläche der Flüssigkeit Hefe gebildet. Beiderlei Hefe war ganz gleich aus einzelnen oder mehreren aneinander gereihten Zellen bestehend. An den einzelnen Exemplaren konnte man die Art und Weise beobachten, wie an einer Zelle eine neue entstand (Kupfertafel Fig. 9. *d, e, f*). Die Hefenzelle lässt in diesem Zustand nicht wohl eine Zellenmembran und einen Inhalt deutlich unterscheiden. In ihrer Mitte zeigen sich ein oder mehrere bald grössere bald kleinere durchsichtige Flecke, nämlich Höhlen in dem schleimigen Inhalt der Zelle. Alles Uebrige erscheint ganz homogen gelblich wie eine stickstoffhaltige Substanz, zuweilen mit einzelnen kleinen Körnern untermengt (Kupfertafel Fig. 9. *d, e, f*). Auf ähnliche Weise wurde Zuckerwasser mit *Flores sambuci* in Gährung versetzt unb gab gleiche Resultate.

Andere Resultate gab folgender Versuch. Reines, fast weisses Protein aus Hühnereiweiss dargestellt, völlig trocken, wurde zerrieben und mit Zuckerwasser zur Gährung angestellt. Die Flüssigkeit blieb völlig klar. Die anfangs als ganz scharfkantig

unter dem Mikroskop erkennbaren Proteinsplitterchen zeigten am dritten Tag theilweise eine granulöse Oberfläche und einige waren mehr oder weniger in ganz kleine runde Körnchen zerfallen (Kupfertafel Fig. 10. *a*, *b*). Diese Kügelchen zeigten lebhafte Molecularbewegung, einige erschienen zusammengereiht. Am vierten Tag fanden sich zwischen diesen Körnchen einzelne längere oder rundlichere Zellen, einzeln oder fadenförmig aneinandergereiht, mit allen Uebergängen bis zu vielfach verzweigten Zellenfäden aber von ausnehmender Feinheit kaum ⅛ des schmälsten Durchmessers der Hefenzellen zeigend (Kupfertafel Fig. 10, *c*, *d*). Dabei fand lebhafte Gährung statt und die Gasblasen entwickelten sich vom Protein und den Zellenfäden aus. Eigentliche Hefenzellen entwickelten sich nicht. Flüssiges Eiweiss mit Zuckerwasser vermischt und filtrirt, trübte sich am zweiten Tag und enthielt dann ganz kleine Körnchen (coagulirtes?) Eiweiss. Der fernere Verlauf war dem beim Protein beobachteten ähnlich, es bildeten sich aber einige wenige Hefenzellen. Protein mit etwas Wasser befeuchtet zeigte anfänglich dieselben Erscheinungen wie beim Zuckerwasser, dann erst trat eigentliche Fäulniss mit Infusorienbildung ein, der aber jene vegetabilische Bildung vorangegangen war.

Es scheinen sich hier zwei ganz verschiedene Typen zu zeigen, je nachdem die Gährungsflüssigkeit vegetabilische Säuren und ätherische Oele enthält oder nicht. Nach den Erscheinungen, die sich bei der Bildung der eigentlichen Hefenzellen zeigen, könnte man geneigt sein, sie den ähnlichen thierischen Zellen, welche sich unmittelbar durch Hohlwerden der Zellenkerne bilden und wozu das Kernkörperchen in seiner grössten Ausbildung schon die Andeutung giebt, gleichzustellen. Es scheint mir aber diese Analogie unhaltbar und die erste Bildung der Hefenzellen durch obige Darstellung noch keineswegs vollständig gegeben zu sein. Wenn man nämlich die fertigen Hefenzellen mit Aether, Alkohol und Spiritus oder mit Aetzkali behandelt und dann von Neuem untersucht, so findet man ganz kugelrunde zarte Zellen mit dünner aber deutlich unterscheidbarer Wandung, einem wasserhellen Inhalt mit bald mehr bald weniger ganz feinen Körnchen, welche einzeln oder gruppenweise der innern Fläche der Zellenwand ankleben und (fast?) überall ein grösseres, rundes, flaches Körperchen (Zellenkern?). Diesen meinen Beobachtungen über die Entstehung der Hefenzellen hat *Karsten* (Botanische Zeitung 1848 Sp. 457 ff.) geglaubt entgegentreten zu müssen. Er wendet mir hauptsächlich ein: die Hefenzellen (was ich übersehen haben soll) fänden sich schon in den unverletzten Früchten vor und gingen mit durchs Filtrum und schliesst dann mit sehr peremtorischen Abweisungen aller künftigen ähnlichen Behauptungen. Nichts destoweniger bleibe ich noch jetzt nach einer sorgfältigen Wiederholung meiner Untersuchungen vorläufig bei meinen Ansichten stehen. Ich halte mich nach meinen Untersuchungen vollkommen überzeugt, dass die mir wohl bekannten Bläschen in einigen (nicht in allen*) Früchten, deren Saft gährungsfähig ist, mit den von mir oft genug untersuchten Hefenzellen durchaus nichts gemein haben, — dass die Hefenzellen neben jenen und ganz unabhängig von ihnen allerdings auch in gewissen Früchten, z. B. in den Weinbeeren entstehen** und sich dann im Most so schnell vermehren, dass ich mich nicht dafür entscheiden möchte, dass sie im filtrirtem Tropfen nicht schon neu gebildet wären — dass es aber bestimmt auch selbst für Weinbeeren eine Zeit giebt, wo weder Hefenzellen noch jene Bläschen vorhanden sind ungeachtet der Saft gährungsfähig ist und recht gute Hefe entwickelt — dass insbesondere der so gut gährende Apfelsaft weder jene Bläschen noch Hefenzellen enthält — dass überhaupt alle Fruchtsäfte die man vor der eingetretenen Bildung der Hefenzellen dargestellt und filtrirt hat, durchaus nichts Festes, nichts Organisches, überhaupt nichts Sichtbares enthalten als Oeltröpfchen. Ich glaube *Karsten* würde alle seine Einwendungen wenigstens vorläufig noch zurückgestellt

* Z. B. nicht im Apfel.

** Dies ist die Zeit der sogenannten Weinreife der Winzer.

haben, wenn er die innere Entwickelungsgeschichte der saftigen Früchte mit seinen Gährungsversuchen verbunden hätte. — Von jenen eigenthümlichen Bläschen ist übrigens noch an einem andern Ort (§. 39.) ausführlicher zu reden.

II. 1. Der Zellenkern. In allen zarteren Haaren, fast in jedem lebendig vegetirenden Zellgewebe, besonders auffallend in einigen monokotyledonen Familien (Orchideen, Commelineen, Asphodeleen), aber auch bei vielen Dikotyledonen (Cacteen, Balanophoreen u. s. w.), in den jungen Blättern der Laub- und Lebermoose (besonders leicht bei *Sphagnum* zu beobachten), finden wir in jeder Zelle, an der innern Fläche der Wandung befestigt, einen kleinen, meistens planconvexen oder linsenförmigen, scharf umschriebenen Körper, der sich auffallend von allem sonstigen Zelleninhalte unterscheidet. Denselben treffen wir in allem neu entstandenen Zellgewebe an, wenn er auch später in denselben Zellen verschwindet. Er zeigt sich in verschiedener Vollkommenkeit. Ganz vollkommen entwickelt ist er ein flach linsenförmiger, scharf gezeichneter, durchsichtiger nur schwachgelblicher Körper, in dem man einen oder zwei, seltner drei scharf gezeichnete deutlich hohle Körperchen, die Kernkörperchen (*nucleoli*) wahrnimmt. Am unausgebildetsten erscheint er blos als ein flaches etwas dunkler gelbes, halb granulöses Kügelchen, dem die Kernkörperchen fehlen, auch später nicht nachwachsen. Nach verschiedenen Pflanzen und Alterszuständen variirt er sehr; in der Farbe vom fast Wasserhellen, kaum Sichtbaren bis zum Dunkel-graugelb; durch Jodine sich von hellgelb bis dunkelbraun färbend; in der Consistenz vom Schleimig-granulösen bis zum Festen, Homogenen; nach der Zahl der Kernkörperchen von eins bis drei; nach der Form derselben von gänzlichem Mangel durch ein einfaches Kügelchen bis zum hohlen Kügelchen; in seiner Form vom Kugelichen zum Flachlinsenförmigen und zur eiförmigen Scheibe; in seiner absoluten Grösse von 0,00009 P. Z. bis 0,0022 P. Z. im Durchmesser; in seiner relativen Grösse von einem Verhältniss, wo er die ihn umgebende Zelle fast ganz ausfüllt bis da, wo er noch nicht den fünfhundertsten Theil der innern Fläche der Zellenwand einnimmt; und endlich hinsichtlich seiner Befestigung an der Zellenwand von einer ganz centralen Stellung bis zur Anheftung an die stickstoffhaltige Auskleidung der Zelle. Die Angaben über die Kernkörperchen ausgenommen, beziehen sich die ersten Angaben im Allgemeinen auf die jüngern Zustände des Zellenkerns.

Wo ich bis jetzt seine Entstehung vollständig beobachten konnte, im Albumen von *Chamaedorea Schiedeana*, *Phormium tenax*, *Colchicum autumnale*, *Pimelea drupacea* und vielen Papilionaceen fand ich, dass sich unter den kleinen Protoplasmakörnchen in der bildungsfähigen Flüssigkeit zuerst einzelne grössere leicht kenntliche Körperchen (*nucleoli*) zeigten, dass sich um diese die andern Körnchen allmälig anhäuften, indem sie mehr oder weniger zusammenflossen und so eine dickere oder dünnere Scheibe bildeten, dass zuweilen zwei oder drei solcher Scheiben neben einander liegend sich vereinigten und endlich der Zellenkern fertig war, Alles noch ehe sich eine Zelle zeigte*. In jüngeren Zellen fand ich häufig den Zellenkern convexer, körniger, gelber, das Kernkörperchen einfach, in älteren Zellen der Pflanze flacher, homogener, ungefärbter, das Kernkörperchen hohl, z. B. bei den Cacteen.

In den Kryptogamen fand ich den Zellenkern seltner, doch fast in allen Sporen (bei den Farnkräutern und verwandten Familien, bei den Moosen, Lebermoosen und Flechten, bei einigen Pilzen) und hin und wieder bei Algen im Zellgewebe, in den Zellen von *Spirogyra* frei in der Mitte der Zelle.

Eine chemische Analyse dieser kleinen Körperchen ist wenigstens zur Zeit noch unthunlich. Färbung, Consistenz, Verhalten zu Jod, Alkohol, Alkalien und Säuren, zu concentrirter Salpetersäure; — die Untersuchungen von *Payen*, bestätigt durch *Mulder*, über die Proteinverbindungen in den Wurzelspitzen und dem Cambium ver-

---

* Man vergleiche die Kupfertafel Fig. 1, *a*, *b*; 3; 4, *a*, *b*; 5 mit der Erklärung.

glichen mit der mikroskopischen Analyse dieser Theile, — alles dies beweist aber, dass der Zellenkern ein stickstoffhaltiger Körper, wahrscheinlich eine Proteinverbindung und im einfachsten Falle vielleicht reines Protein ist.

Nägeli (*Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft 1.) hat das Vorkommen des Zellenkerns in allen Familien der Kryptogamen insbesondere bei den Algen nachgewiesen, — und gezeigt wie man zumal bei den letzteren zwischen wandständigem und centralem Kern unterscheiden müsse. Der centrale Kern wird später hohl und kann sich auch durch Theilung vermehren (Beobachtungen an Fucaceen, *Anthoceros laevis*, an Farnkräutern). Ich kann aber *Nägeli* nicht beistimmen, wenn er behauptet, dass die Zellenkerne ihrer Natur nach aus einer Membran * und einem Inhalt beständen. Ich halte dies wie ich glaube seltnere Vorkommen vielmehr für ein später entstehendes, denn bei ganz jungen freien Zellenkernen findet sich keine Spur einer Membran und es scheint auch die Entstehung der freien Zellenkerne dem zu widersprechen. Ganz besonders möchte ich dagegen anführen, dass alle Zellenkerne im jugendlichen Zustande weniger scharfe und regelmässige Contouren und ein sehr körniges Ansehen haben und erst später scharf umschrieben und in ihrem Innern homogen erscheinen. Ich selbst habe mich noch in keinem Fall von der Gegenwart dieser Membran überzeugen können. Indess sind hier die Acten noch lange nicht geschlossen und die Folgezeit wird noch Vieles von unsern jetzigen Beobachtungen modificiren müssen, Vieles erweitern und aufklären.

V o l l s t ä n d i g e B e o b a c h t u n g e n ü b e r d i e Z e l l e n b i l d u n g. Wenn die Zellenkerne fertig gebildet sind, zeigt sich sehr bald um sie herum eine zarte, sie einschliessende Membran, die oft ausserordentlich fein und weich, oft dicker und derber ist **. Bald erhebt sich diese Membran auf der einen Fläche des Zellenkerns blasenförmig, dehnt sich allmälig weiter aus, so dass bald der Kern nur einen kleinen Theil der Wandung einnimmt ***. Dieser aber wächst oft noch fort und vergrössert sich ebenfalls an seinem Rande auch bilden sich die Kernkörperchen häufig schärfer aus. Die Membran des Bläschens oder der jungen Zelle wird dabei allmälig stärker und dicker, die Zelle gewinnt eine runde, oft längliche Gestalt, zuweilen einen sehr unregelmässigen Umriss (Kupfertafel Fig. 2.), der aber später sich wieder auszugleichen pflegt.

Ueberall glaube ich hier auch im jüngsten Zustande der Zelle eine zarte Membran aus einem durch Jod n i c h t gefärbt werdenden Stoff unterscheiden zu können, welche den Zellenkern vollständig von a l l e n Seiten umschliesst †. Sobald sich aber diese primäre Zellenmembran nur etwas durch Ausdehnung vom Zellenkern entfernt hat, findet man sie auf ihrer ganzen innern Fläche stets mit einem zarten Ueberzug eines halbflüssigen (gar oft in netzartig anastomosirenden Strömchen circulirenden) Schleimes bedeckt, der zuweilen granulös, zuweilen ganz homogen und wasserhell, durch Salpetersäure, Alkohol und Jod aber stets sichtbar zu machen ist, dies ist *Mohl's* »Primordialschlauch«. Dass der Primordialschlauch der Bildung der zellstoffigen Zellenwandung vorhergehe, behauptet *Mohl.* Ich habe mich noch nicht davon überzeugen können. Ich finde nicht selten den Zelleninhalt in jungen Zellen ganz homogen, gelblich, dann entstehen ein oder mehre farblose, kugliche oder eiförmige Räume, die sich ausdehnen und wie Bläschen im Schaum aneinanderstossen. An ihren Fugen sieht man dann die zähere gelbliche Substanz oft als kleine Strömchen sich bewegen;

---

* *Nägeli* nennt sie deshalb auch zuweilen Kernbläschen. Fehlerhaft ist bei ihm überhaupt die schwankende Terminologie, die das Verständniss sehr erschwert.

** Vergl. Kupfertafel Fig. 1, *c;* 4, *c* mit der Erklärung.

*** Vergl. Kupfertafel Fig. 1, *d;* 2; 14; 15; 16 mit der Erklärung.

† *Mohl* hat mich, wie es scheint (Botan. Zeitung 1844. Nr. 15 ff.) nicht verstanden, indem er sich an einen allerdings übel von mir gewählten Ausdruck hielt, durch welchen ich in der e r s t e n Bekanntmachung meiner Entdeckungen [*Müller's* Archiv. 1838. S. meine Beiträge zur Botanik S. 129.] die Sache glaubte anschaulich machen zu können.

allmälig fliessen jene Blasen zusammen zu einer Zellenhöhle; die zähe Flüssigkeit wird zur Auskleidung und circulirt oft noch geraume Zeit. Ich glaube auch noch überzeugt sein zu dürfen, dass der *Mohl*'sche Primordialschlauch und die circulirende Flüssigkeit durchaus identisch sind. Nach dieser Darstellung wäre der Primordialschlauch um so flüssiger je jünger er wäre und könnte daher nicht wohl die oft ziemlich derbe Wand der eben entstandenen Zelle sein. Allerdings könnte freilich auch eine ganz feine äusserste aber nicht wohl zu isolirende Schicht der Flüssigkeit in erhärtetem Zustande den Primordialschlauch und so die Grundlage der Zelle bilden. — Grade an der Grenze zwischen Inhalt und Membran scheint der lebhafteste chemische Process stattzufinden und daher auch, solange die Bedingungen dazu vorhanden sind, zunächst die Bildung stickstoffhaltiger Bestandtheile. Diese mögen es dann auch sein, die später unter veränderten Verhältnissen die neu eindringenden Stoffe in Zellstoff verwandeln und so die Zellenwand verdicken (oder neue Zellen bilden). Endlich aber werden diese Proteinverbindungen aufgelöst und zersetzt und aus der Zelle weggeführt. In älteren Zellen, besonders im ausgebildeten Holze findet man deshalb auch keine Spur mehr von ihnen, und überhaupt nur sehr geringe Mengen von stickstoffhaltigen Substanzen. Leicht begreiflich ist mir, wie *Mohl* bei der entstehenden Zelle die stickstofffreie Membran in Zweifel ziehen kann, denn ich selbst bin weit entfernt, meine Beobachtungen schon für ganz vollendet und abgeschlossen zu halten. Unbegreiflich aber ist es, wie *Unger* (*Linnaea Bd. XV. Heft II.*, 1841, *p.* 395 *ff.*) behaupten kann, der Zellenkern bilde sich erst später, wenn die Zellenmembran schon lange fertig sei. Ich habe soeben noch (Juni) die Wurzelspitzen von *Cypripedium calceolus* und *Neottidium nidus avis* und die nächstjährigen Stengeltriebe der ersten Pflanze vor mir gehabt und bin vielfach zweifelhaft gewesen, ob an der Stelle der Neubildung ausser den grossen Kernen noch irgend etwas anders zu erkennen sei, glaube mich aber doch durch Anwendung von Salpetersäure und Jodine vollkommen davon überzeugt zu haben, dass in fertigen Zellen grosse Zellenkerne enthalten sind und um diese sich Zellen bilden, die noch eine Zeitlang in der Mutterzelle enthalten sind, welche letztere erst später verschwindet. Dabei finde ich aber immer grosse Schwierigkeiten unter den dicht sich drängenden ganz zarten organischen Bildungen klare Bilder zu gewinnen und ich halte es für unmöglich, mit unsern jetzigen Instrumenten einen so zarten und reinen Schnitt aus einer Wurzelspitze zu machen, wie er *Unger's* Figur auf Taf. V. a. a. O. müsste zum Grunde gelegen haben, wenn derselbe ohne willkürliche Verschönerung treu nach der Natur gezeichnet wäre.

An der freigewordenen Seite des Zellenkerns scheint sich zuweilen (z. B. bei *Fritillaria imperialis*, bei *Chamaedorea Schiedeana*) eine neue Lamelle niederzuschlagen, die am Rand, wo sie den Zellenkern überragt, sich genau mit der ersten Zellenwand verbindet und so den Kern einschliesst; solche Kerne verändern sich oft nicht mehr*. Oft wird der Zellenkern schnell nach Entstehung der Zelle resorbirt, oft bleibt er für das ganze Leben derselben persistent. Die entstandene Zelle besteht anfangs aus Gallerte und löst sich daher leicht in Wasser auf; allmälig ändert sie sich in Zellstoff um. Ganz vollständig ohne Fehlen einer Zwischenstufe glaube ich diesen Vorgang beobachtet zu haben im Albumen von *Leucojum aestivum*, *Phormium tenax*, *Colchicum autumnale*, *Chamaedorea Schiedeana*, *Pedicularis palustris*, *Momordica elaterium*, bei *Lupinus* und vielen andern Leguminosen, im Embryobläschen von *Alisma Plantago*, *Sagittaria sagittaefolia*, *Pedicularis palustris*, *Oenothera crassipes*, *Tetragonia expansa*, in den keimenden Kotyledonen von *Lupinus tomentosus*, in den vielzelligen Haaren von *Solanum tuberosum* und vielen andern Pflanzen, in den Sporangien von *Borrera ciliaris* und in dem Sporocarpium von *Blechnum gracile*.

Unvollständige Beobachtungen. Wo die Zellen sehr klein und zart sind,

---

* Vergl. die Kupfertafel Fig. 6; 7, *b*. mit der Erklärung.

sich bald mit granulösem Inhalt füllen, wo der Theil durch seine Lage das Präpariren erschwert, was Alles bei der Entwickelung einer Blattknospe stattfindet, ist es mir bis jetzt unmöglich gewesen, den ganzen Vorgang vollständig zu verfolgen. Doch sah ich fast überall, besonders nach Anwendung von Salpetersäure, wodurch sich die Zellen von einander trennen, oftmals zwei Zellen mit ihren Kernen in Einer Zelle, bei *Gasteria nitida*, *Cypripedium calceolus* in der Terminalknospe, bei der Letzteren und bei *Neottidium nidus avis* in den Wurzelspitzen zwei Zellenkerne lose in einer Zelle, daneben zwei Zellen mit Kernen in einer andern Zelle eingeschlossen. Alles junge Zellgewebe der Phanerogamen ohne Ausnahme lässt den Zellenkern erkennen. Bei der Entwickelung des Pollens zeigt sich eine mit einer trüben grumösen Flüssigkeit gefüllte Zelle, der trübe Inhalt erscheint später in vier Theile getheilt, um deren jeden sich plötzlich eine ziemlich dicke Haut zeigt. Man könnte diese vier Portionen als grosse Zellenkerne ansehen, wenn sich nicht gleichzeitig mit dem scharfen Vortreten der Haut auch ein anderer charakteristischer Kern zeigte. Ich beobachtete aber, dass bei *Passiflora princeps* und *Cucurbita pepo* zur Zeit, wenn die dunkle Masse der Mutterzelle noch ungetheilt war, mehrere (die Zahl konnte ich nicht genau bestimmen) ganz zarte wasserhelle Zellen mit einem ganz kleinen wasserhellen Kern in jene dunkle Masse eingehüllt vorhanden sind; sollten dies nicht die Pollenzellen sein, die allmälig von innen heraus den grumösen Stoff einsaugen, in ihrer Höhle wieder granulös niederschlagen, dabei wachsen und nun plötzlich mit dem in vier Portionen getheilten Stoff sichtbar werden; doch gestehe ich, trotz aller Mühe keine vollständigen Mittelstufen beobachtet zu haben und *Nägeli* a. a. O. glaubt einen andern Process nachgewiesen zu haben vergl. S. 213, II.; nur bei *Rhipsalis salicornioides* fand ich interessante Andeutungen, welche weiter zu verfolgen ich leider keine Gelegenheit hatte.

Folgerung aus den beobachteten Thatsachen. Bis jetzt ist keine Thatsache bekannt geworden, die sich nicht mit dem vollständig beobachteten Vorgange vereinigen liesse; dunkel und unvollständig erscheinen die Vorgänge nur da, wo die Verhältnisse überhaupt der genauen Beobachtung fast unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg legen. Bei den Kryptogamen ist es die Bildung der Sporen, der Grundlage der zukünftigen Pflanze, bei den Phanerogamen der Keim, d. h. die junge Pflanze selbst, bei der sich der Vorgang vollständig verfolgen lässt. Beide dürfen uns gewiss am sichersten als Anhaltspunkte für analoge Schlüsse dienen; der Vorgang ist von einigen höchst charakteristischen Momenten begleitet, namentlich der Erscheinung der Zellenkerne, und überall wo Zellen offenbar neu entstanden sind, finden wir den Kern wieder; das Alles, glaube ich, berechtigt uns, jenen Vorgang der Zellenbildung vorläufig, bis uns fernere Untersuchungen eine Modification aufnöthigen, als einen allgemeinen in Anspruch zu nehmen.

Wenn man ferner die leichte Umwandlung der assimilirten Stoffe in einander betrachtet, wenn man aus den künstlich angestellten chemischen Experimenten den Schluss ziehen darf, dass die stickstoffhaltige Materie, das Protoplasma, welches den Kern bildet, grade die ist, die jene Umwandlungen hervorruft, wenn wir ferner bemerken, dass Zucker und Dextrin leichter auflöslich sind als Gallerte, also in Gallerte verwandelter Zucker oder Gummi, wenn nicht zugleich die Wassermenge sich vermehrt, nothwendig sich niederschlagen muss, so erscheint der ganze Process der Zellenbildung als ein einfacher chemischer Vorgang. Das Zusammenhäufen der Protoplasmakörnchen zu einem bestimmt geformten Zellenkern können wir freilich bis jetzt noch so wenig erklären, als die Erscheinung, dass aus einer Mischung zweier Salzlösungen grade die eine oder die andere herauskrystallisirt, je nachdem wir einen Krystall des einen oder des andern Salzes hineinwerfen.

II. 2. Neben der im Vorigen geschilderten Zellenbildung tritt noch eine zweite auf, welche zuerst von *Nägeli* bei der Bildung der Specialmutterzellen des Pollen beobachtet und neuerdings von ihm in einem grössern Umfange bei den Algen nachge-

wiesen ist. Insbesondere gehören hierher fast alle die Fälle, wo bisher eine sogenannte Theilung der Zellen beobachtet wurde. Mir fehlte bis jetzt die Gelegenheit vollständige Beobachtungen darüber zu machen, nach *Nägeli* verhält sich die Sache folgendermaassen. So lange eine Zelle noch inwendig mit einer vollständigen Schicht von Protoplasma ausgekleidet ist, kann dieser Process vorkommen. Zunächst bildet die Protoplasmaschicht eine doppelte Scheidewand durch den Gesammtinhalt der Zelle, dadurch wird derselbe in 2 oder 4 Portionen getheilt, deren jede mit einer zarten Protoplasmaschicht umgeben ist. Indem nun die Protoplasmaschicht fortfährt an ihrer ganzen Aussenfläche Zellstoff zu bilden, so entstehen auf einmal 2—4 eingeschlossene Säckchen, Zellen, die zusammen vollständig die Mutterzelle ausfüllen. — Auf eigne noch unerklärliche Weise scheint aber hierbei auch der Zellkern thätig zu sein. Diese Vermehrung der Zellen geschieht nämlich wenigstens am häufigsten in Zellen mit centralem Kern und dieser theilt sich zuerst in 2—3 Kerne, die dann für die neu entstehenden Zellen wieder die Mittelpunkte werden. Nach den sorgfältigen Beobachtungen *Nägeli's* ist zunächst gegen diese ganze Zellenbildungsgeschichte nichts einzuwenden. Wie weit sie im ganzen Gebiet der Pflanzenwelt Platz greift darüber hat *Nägeli* folgende Nachweisungen gegeben. Es ist die einzige Zellenbildung bei (Diatomaceen) Nostochineen, Oscillatorineen, Batrachospermeen und Fucaceen. Sie findet mit Ausnahme der Keim- oder Sporenzellen bei allen übrigen Zellen der Conferven statt. Sie gilt blos für die Specialmutterzellen der viersporigen Pflanzen, nämlich der Florideen, Leber- und Laubmoose, Farnkräuter, Lycopodiaceen und Phanerogamen.

Analogien. In einer ausgezeichnet gründlichen und geistreichen Arbeit hat *Schwann** nachgewiesen, dass auch der thierische Organismus ganz aus Zellen zusammengesetzt ist und dass diese Zellen sich auf analoge Weise bilden, wie bei den Pflanzen. Wenn das Gesetz für einige Pflanzen und Thiere selbständig gefunden ist, wie in der That der Fall, so ist allerdings diese Analogie ein wichtiger Grund, diese Bildungsweise als ein allgemeines Gesetz für beide Naturreiche auszusprechen.

In derselben Arbeit giebt *Schwann*** eine interessant durchgeführte Vergleichung zwischen der Bildung des Krystalls und der Zelle, indem er die bei letzterer vorkommenden Verschiedenheiten aus der Natur des Stoffes herleitet, insofern derselbe bei den Zellen für Flüssigkeiten durchdringlich sei. Gewiss wird diese Ansicht noch einmal in Zukunft höchst folgenreich werden müssen, indem sie uns schon jetzt zeigt, wie die scheinbare Kluft zwischen anorganischer und organischer Form keine unüberschreitbare sei. Einen Punkt muss ich hier noch hervorheben, den *Schwann* übersehen und der gleichwohl noch einen entschiedenen Unterschied begründet. Beim Krystall ist die Materie desselben schon als solche gebildet in der Flüssigkeit vorhanden, und blosses Entziehen des Lösungsmittels genügt, um das Erscheinen des Stoffes in bestimmter Gestalt zu erzwingen; anders aber ist's bei der Zelle, wenigstens

* Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839. Die darauf folgenden Beobachtungen von *Bergmann*, *Henle*, *Kölliker*, *Reichert*, *Valentin*, *Vogel*, *Voigt* u. A. haben die *Schwann*'schen Ansichten vielfach modificirt, wie natürlich zu erwarten war, aber auch in der Hauptgrundlage unerschütterlich festgestellt. Die beim Thiere vorkommenden Modificationen können wir hier aber um so mehr vernachlässigen, als grade bei dem sogenannten vegetativen Zellgewebe des Thieres bei den Hautgebilden die Analogie mit den Pflanzen jetzt vollkommen fest steht, jene Abweichungen aber besonders bei den eigenthümlich animalischen Geweben vorkommen und wahrscheinlich grade den Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren, die höhere Entwickelungsgeschichte der letzteren bezeichnen. Soweit kennen wir aber die Pflanze schon, um aussprechen zu können, dass die so eigenthümliche Bildung der Zellen- und Kernfasern (vergl. *Henle* allgem. Anatomie S. 179) bei den Pflanzen durchaus keine Analogie finde. Dagegen gehört die Wimperbewegung grade bei dem Thiere dem mehr vegetativen Gewebe an und kann daher, als ohnehin der individuellen Zelle eigen, recht wohl auch bei den Pflanzen vorkommen.

** A. a. O. S. 220.

bei den Pflanzen. Hier ist die organisch als Zelle auskrystallisirende Substanz, um mich dieses Ausdrucks zu bedienen, gar nicht in dem Cytoblastem vorhanden, sie wird durch einen andern nothwendig gegenwärtigen Stoff erst in dem Augenblick gebildet, als sie zur Form übergeht, und die letztere scheint eben dadurch bedingt, dass die neugebildete Substanz wenigstens relativ unlöslich ist.

Um falschen Ansichten vorzubeugen, muss ich hier bemerken, dass die von *Link** vorgetragene Theorie der Krystallisation, nach welcher die Krystalle aus Zusammenfliessen kleiner Kügelchen entstehen sollen, auf mangelhafter Beobachtung beruht. Zuerst ist doch wohl natürlich, dass, wenn man das Entstehen der Krystalle beobachten will, man dazu nicht die Präcipitation wählt, die von den Chemikern zu der sogenannten tumultuarischen Krystallisation gerechnet wird, sondern dass man zuerst die Beobachtung bei einfach aus concentrirten Flüssigkeiten anschiessenden Krystallisation macht. Hier beobachtet man jedesmal, z. B. beim Salpeter, Platinsalmiak, am schönsten und leichtesten beim Zinksalmiak u. s. w., dass der Kernkrystall plötzlich in keinem angebbaren Zeitmoment in der ganz klaren und klar bleibenden Flüssigkeit hervorspringt und dann scheinbar stetig in fast unmerklichen Pulsen durch Ansatz von Aussen fortwächst. Lässt man dagegen unterm Mikroskop zwei Flüssigkeiten, die einen Niederschlag bilden, zusammentreten, so bemerkt man im Augenblick der Berührung das plötzliche Entstehen einer beide Flüssigkeiten trennenden Membran. Bei genauer Beobachtung erkennt man, dass diese Membran ganz aus Krystallen besteht, von denen einige gleich deutlich zu erkennen sind, andere bei stärkerer, noch andere bei den stärksten Vergrösserungen sich als Krystalle zu erkennen geben, bis endlich die kleinsten selbst bei den stärksten Vergrösserungen nur als Punkte erscheinen. Stört man die Flüssigkeiten nicht, so wachsen allmälig einige der enstandenen Krystalle an beiden Seiten in die Flüssigkeiten hinein; mischt man aber die Flüssigkeiten rasch, so löst sich ein grosser Theil der Krystalle augenblicklich wieder auf, andere wachsen stetig fort und neue Kernkrystalle entstehen plötzlich an Stellen, wo die Flüssigkeit ganz klar ist. Nach meinen vielfältigen und sorgfältigen Beobachtungen glaube ich überhaupt, dass jede unorganische Materie, wenn sie ohne Störung in den festen Zustand übergeht, augenblicklich Krystallform annimmt, die meisten der sogenannten pulverigen Niederschläge bestehen aus Krystallen und bei andern verbietet die relative Kleinheit überhaupt über ihre Form zu sprechen.

Geschichtliches und Kritisches. Vor der Erfindung und wissenschaftlichen Anwendung des Mikroskops konnte natürlich von einer genauern Kenntniss der Pflanzenzelle nicht die Rede sein.

Der erste Entdecker des zelligen Baues der Pflanzen war *Rob. Hooke*, ein Engländer, welcher zuerst die von *Cornelius Drebbel* 1619 nach England gebrachten Mikroskope benutzte**.

Eine genauere Kenntniss von der Structur der Pflanzen erlangten wir aber erst durch *Marcello Malpighi*, Prof. zu Bologna, geb. 1628, gest. 1694. Er sandte im Jahre 1670 der *Royal society* sein grosses Werk *Anatome plantarum* ein und dieses wurde 1675 und 79 in zwei Foliobänden auf Kosten der Gesellschaft herausgegeben. Durch dieses Werk erwarb er sich ein unbestreitbares Anrecht an den Namen eines Schöpfers der wissenschaftlichen Botanik. Seine Untersuchungen sind so genau, so von richtiger Methode gestützt, dass fast ein Jahrhundert verging, ehe die Wissenschaft diesem weit vorausgeeilten Manne nur nachkam. Noch jetzt giebt es sogenannte Botaniker, die von der Natur der Pflanze noch nicht einmal so viel wissen, als damals schon *Malpighi* wusste. *Malpighi* erkannte sogleich den zelligen Bau der Pflanze, er sah ein, dass jede Zelle ein für sich bestehender ringsgeschlossener Schlauch sei, den er Utriculus nannte. Ihm folgte *Nehemiah Grew*, Secretär der königlichen Societät

* *Poggendorff's* Annalen Bd. 46 (1839), S. 258 ff.

** *Hooke, Micrographia. London*, 1667 *fol.*

der Wissenschaften, dessen *Anatomy of plants* 1682 in einem Foliobande in London erschien. Abgesehen davon, dass auf ihm, der *Malpighi's* Schrift als Secretär der Gesellschaft lange vor ihrer Bekanntmachung benutzen konnte, der Verdacht haften bleiben wird, dass er dem *Malpighi* bei weitem mehr verdankt, als er zugesteht, und dass er die Herausgabe und Anerkennung von *Malpighi's* Werken möglichst verhindert, steht er auch in allem Wesentlichen *Malpighi* weit nach. Er stellte zuerst die falsche Ansicht auf, dass die Wand der Zellen aus Fasern gebildet werde*. Auch deutete er durch seinen Vergleich mit Bierschaum vielleicht an, dass er die Zellen für blosse Höhlen in einer homogenen Substanz halte, welche Ansicht später von *C. Fr. Wolff* ** schärfer ausgebildet wurde.

Diese doppelte falsche Ansicht hat sich seitdem nicht aus der Wissenschaft verloren, indem wir die letzte noch jetzt bei *Mirbel* und *Unger* finden, die erstere aber von *Meyen* wieder neu belebt ist. Beide werden hinlänglich durch die Entstehungsgeschichte der Zelle widerlegt.

Meyen *** gründet seine Ansicht hauptsächlich auf die Beobachtung, dass viele sehr zartwandige Zellen eine spiralige Streifung zeigen †; wenn er aber sagt, dass diese Zellen u n z w e i f e l h a f t aus der primären Zellenmembran beständen, so ist das doch blosse Fiction, denn die Entwickelungsgeschichte, die allein darüber entscheiden könnte, hat *Meyen* dabei nicht zu Rathe gezogen, diese zeigt aber, dass alle jene Zellen anfänglich homogene ungestreifte Wände haben.

Mirbel †† hat seine Ansichten über Entstehung der Zellen als blosse Höhlungen in einer homogenen, sulzigen Masse, die er Cambium nennt, wieder neuerdings ausführlich an der Wurzel von *Phoenix dactylifera* darzulegen versucht. Er ist schwerer zu widerlegen als *Meyen*, besonders wegen der mangelhaften Form seiner Mittheilung, die es Andern unmöglich macht ihn genau zu controliren. In einem Theil giebt er eine zusammenhängende Erzählung von dem, wie er sich die Sache denkt, ohne dabei auf die Tafeln als eigentliches Ergebniss seiner Beobachtungen Rücksicht zu nehmen, und bei der Tafelerklärung lässt er vieles Vorgestellte wieder unerklärt, auch sind die Bestimmungen der Altersstufen der verschiedenen Fragmente so vage, dass nicht nachzukommen ist. Nur so viel wage ich zu entgegnen, dass zwischen der Rinde (seiner *région péripherique*) und dem äussern Theil des Holzkörpers der Wurzel (seiner *région intermédiaire*) im ganzen Leben der Wurzel, und von der äussersten Spitze bis zur Basis niemals eine solche Trennung der Continuität durch eine f o r m l o s e schleimige Masse (sein *cambium globuleux*) eintritt, wie er sie abbildet, ich sehe stets continuirliches Zellgewebe. Ebenso wenig sind die Streifen, in denen sich die Bastbündel seiner *région intermédiaire* bilden, jemals mit einer solchen Substanz, sondern immer mit Zellgewebe erfüllt, welches sich auch niemals, weder im jüngsten noch im ältesten Zustande auf dem Querschnitte so stark durch die Weite der Zellen von dem umgebenden Zellgewebe absetzt, wie er es abbildet, sondern stetig durch allmälig grössere Zellen in einander übergeht, nur bei völliger Ausbildung unterscheidet sich der Bastbündel durch die Dicke seiner Zellenwände scharf von den benachbarten gleich weiten und stetig in die Parenchymzellen übergehenden Zellen. Vielfach hat

* *Grew, Anatomy of plants p.* 121, *Pl.* 40, 38. *p.* 76 *etc.*

** *Theoria generationis.* Halle 1774, S. 7.

*** *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 45 ff.

† *Meyen* hätte übrigens nicht nöthig gehabt, sich dazu eine neue Orchidee von Manilla zu holen. Jede Georginenknolle (vergl. Kupfert. Fig. 23) zeigt diese Erscheinung in höchster Vollkommenheit, ebenso die Rinde der Luftwurzeln von *Cereus grandiflorus*, sowie viele andere Pflanzen. Auch die Haare der Mamillarien und Melocacten zeigen dasselbe, wenn man sie trocken betrachtet, die Streifung verschwindet aber beim Befeuchten; wenn sie in ein spiraliges Band zerreissen, so besteht dieses aus 20—30 parallelen Spiralfäden.

†† *Nouvelles Notes sur le Cambium, lues à l'académie des sciences, dans la séance* 29. *Avril* 1839.

er sich auch durch den ganz formlosen Inhalt der Zellen, der im Wasser geronnen war, täuschen lassen. Eine genauere Widerlegung fordert aber noch fernere Untersuchungen, um ihn Schritt vor Schritt folgen zu können*.

---

* *Endlicher* und *Unger* (Grundzüge der Botanik S. 32 ff.) sprechen über diese allerschwierigsten Gegenstände der Pflanzenanatomie mit einer solchen Sicherheit ab, bringen für die von ihnen dictirten Gesetze auch nicht die allergeringsten Belege bei, dass es unmöglich ist, auf ihre Ansichten einzugehen. Uebrigens unterscheiden sie primäre und secundäre Zellenbildung, dann Zellenbildung aus primärem Schleim, zugleich auch Zwischenzellenbildung und primäre genannt (so dass ihr Fachwerk nicht einmal den Vorzug der logischen Consequenz hat), ferner Zellenbildung durch Theilung und Zellenbildung in anderen Zellen, welche letztere nur beim Pollen und bei den Sporen vorkommen soll.

Erst ganz kürzlich hat *Unger** wieder Beobachtungen über das Anwachsen des Stengels publicirt, welche zum grössten Theil ihre Besprechung erst weiter unten finden müssen. Er kommt aber auch bei der Gelegenheit auf die Bildung der Zellen und sagt hier: »Ich meines Theils habe mich nie zu der Ansicht bekannt, dass die Cytoblasten die Quelle neuer Zellen in der Art seien, dass dieselben unmittelbar von ihnen in ihrer räumlichen Ausbildung ausgehen und besonders in dem gegebenen Falle würde es sehr schwer halten, die Bildung neuer Zellen in solchen Internodien zu erklären, deren Zellen meist ohne Zellenkern sind. Doch mein Hauptargument gegen diese Theorie ist das, dass man das Hervortreten der jungen Zellenbläschen aus dem Zellenkern nicht beobachtet, wenigstens dort nicht, wo Neubildungen stattfinden**, und dass man noch weniger dieselben sich zu Zellen ausdehnen sieht. Ja ich sage nicht zu viel, wenn ich behaupte, dass noch kein Pflanzenanatom diesen Vorgang vollständig, d. h. so, dass er überzeugend wäre, beobachtete. Auch ich habe zuweilen in einigen älteren*** Internodien der *Campelia Zannonia* Zellen bemerkt, deren Cytoblast mit einem Bläschen versehen war, allein eine weitere Ausbildung letzterer zu Zellen konnte ich nicht entdecken.« *Unger* rühmt, dass er sich auf sein Mikroskop verlassen könne und ich glaube selbst in diesem Falle mehr darauf, als auf sein Gedächtniss und sein Beobachtungstalent. *Unger* mag noch einmal auch selbst nur meinen ersten Aufsatz über Zellenbildung in *Müller's* Archiv mit einiger Aufmerksamkeit und nicht so oberflächlich, wie es so manche andere gethan, durchlesen und er wird staunen, wie grenzenlos schief er die Sache aufgefasst oder doch in den eben angeführten Worten dargestellt hat. Dass der Kern einer Zelle (das ist der parietale, dem sie ihren Ursprung verdankt) sich zu einer neuen Zelle ausdehne ist weder von mir, noch, so viel ich weiss, jemals von irgend einem Pflanzenanatomen behauptet worden. Den vollständigen überzeugenden Vorgang kann *Unger* aber leicht mindestens im Embryosack beobachten. Sodann legt *Unger* grossen Werth darauf, dass viele Zellen keinen Kern haben, in Regionen, wo doch Zellenproduction vor sich gehe. Das könnten nun recht wohl alte Zellen sein, deren Kern schon resorbirt war. Ich will aber noch specieller darauf eingehen. *Unger* behauptet auch das Fehlen des Kerns in vielen Zellen der äussersten Spitze des Terminaltriebs und zeichnet diese Erscheinung a. a. O. Fig. 1. Diese Zeichnung ist nun leicht in der Art, wie sie vorliegt, als nicht naturgemäss zu erweisen. *Unger* giebt den Diameter der äussersten Zellen zu $\frac{1}{500}'''$ an, will er etwa wirklich behaupten, dass der Schnitt, der der Zeichnung als Original diente, nur $\frac{1}{500}'''$ dick war? Die Behauptung, glaube ich, wäre zu lächerlich für jeden, der weiss was Pflanzenabschnitte machen heisst. War er aber dicker, so lagen unter den gezeichneten Zellen noch andere und kein Mikroskop der Welt konnte dann die Ansicht der Schnittfläche so rein und klar darstellen als sie gezeichnet ist, oder die darunter liegenden Zellen hätten genau dieselbe Grösse und Gestalt wie die darüber liegenden haben müssen, wo in den darüber liegenden der Kern fehlte, müsste er auch in den darunter liegenden gefehlt haben u. s. w. Auch das wäre wohl eine absurde Behauptung. Endlich von all den gezeichneten Zellenkernen kann auf keine Weise entschieden werden, ob sie der gezeichneten Zelle oder der darunter liegenden angehören, der Kern kann an der obern oder untern Zellenwand ansitzen, also oben oder unten durch den Schnitt entfernt sein u. s. w. Kurz für jeden, der selbst diese Untersuchungen genauer durchgemacht, ist soviel klar, dass *Unger* das, was er gezeichnet, nicht so gesehen haben kann, wie er es gezeichnet, er muss mehr gesehen haben, als dargestellt ist, und eine solche Untersuchungsmethode hat bei der Entscheidung so schwieriger Fragen gar keinen Werth. Denn hat

* *Mohl* botan. Zeitung 1844. Spalt. 506 ff.

** Finden die etwa im Embryosack und Embryobläschen nicht statt?

*** Wer sucht denn da die Neubildung von Zellen?

Sprengel's Phantasien über das Entstehen der Zellen aus Stärkemehlkörnern, ähnlich bei *Dupetit Thouars* und *Raspail*, sowie die von *Turpin* mit ebenso viel Arroganz als Unwissenheit vorgetragenen Ansichten über die Globuline (worunter er jedes in der Pflanze vorkommende Körnchen Stärke, Schleim, Farbestoff u. s. w. versteht, verdienen gar keine wissenschaftliche Beantwortung. *Rob. Brown** hat hier wie überall neue Bahnen angedeutet, indem er zuerst auf den Cytoblasten, als einen sehr häufig vorkommenden Körper aufmerksam machte; nur hatte er seine Bedeutung für das Leben der Zelle noch nicht erkannt, er nannte ihn *nucleus of the cell*, Zellenkern.

Ich lasse hier schliesslich noch eine möglichst vollständige Uebersicht der ganzen Geschichte der Lehre von der vegetabilischen Zellenbildung seit 1838, in welchem Jahre durch meine Arbeit die Entstehung der Pflanzenzelle zuerst zu einer bestimmten Fundamentalaufgabe für die Botaniker gemacht wurde, folgen.

Allerdings war schon vorher 1835 eine Dissertation von *Hugo von Mohl* über die Vermehrung der Pflanzenzelle durch Theilung erschienen, die aber nur einen einzelnen Fall betrachtete und in ihrer spätern Umarbeitung erwähnt werden wird. Im Uebrigen lasse ich die Arbeiten in einer chronologischen Ordnung auf einander folgen. Ich beschränke mich dabei auf eine kurze Angabe der eigenen Beobachtungen und Ansichten der Verfasser ohne mich auf eine Kritik derselben oder die Widerlegung, die ihnen von andern geworden ist, einzulassen. — Ich erwähne nur noch, dass ich auf die Ansichten von *Hartig* (Das Leben der Pflanzenzelle, Berlin 1844) mich nicht näher einlasse, weil derselbe, wie schon *Mohl* bemerkt hat, eine von uns so durchaus verschiedene Art, die Dinge anzusehen hat, dass es unmöglich ist die Sachen anders als mit seinen Worten und in seiner Ausführlichkeit wieder zu geben.

1838. *Schleiden*, Beiträge zur Phytogenesis in *Müller's* Archiv (Beiträge zur Botanik S. 129). Der Inhalt ist oben (S. 148 bis S. 151) weitläufig entwickelt.

Unger, Aphorismen zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1838. — Hier taucht wieder die Ansicht von *Grew* auf, dass die Zellen in homogener Schleimmasse anfänglich als Höhlungen ohne selbstständige Wandung entständen. Scheint mehr sog. Speculation als Beobachtung.

Hugo von Mohl über Entwickelung der Spaltöffnungen in der *Linnaea* 1838 (Vermischte Schriften S. 252). Ein Beispiel der Zellenvermehrung durch sogenannte Theilung.

1839. *H. v. Mohl*, Entwickelung der Sporen von *Anthoceros laevis* in der *Linnaea* 1839 (Vermischte Schriften S. 84). Erzählt die Entstehung hellerer Bläschen im schleimigen Inhalte der Zellen, wodurch nach und nach die stickstoffhaltige Auskleidung (Primordialschlauch) von dem Zelleninhalt gesondert und zugleich durch das Aneinanderstossen der Bläschen an den Fugen die Bahn der kleinen Schleimströmchen in der Zelle bestimmt wird. Der Kern der Mutterzelle bleibt, daneben bildet sich ein anderer, der sich durch wiederholte Theilung bis zu Vieren vermehrt, die sich so tetradisch anordnen. Scheidewände theilen dann die Mutterzelle in vier Theile, so dass die Kerne in der Mitte jeder Abtheilung liegen. Zugleich verschwindet der Kern der Mutterzelle. Später lösen sich die entstandenen vier Zellen mit besondern Wänden von der Mutterzelle ab, liegen nun frei in derselben und treten endlich nach der Zerstörung der Mutterzelle hervor.

Unger nicht alles gezeichnet was er sah, so hat er weggelassen was ihm unwesentlich dünkte und folglich schon ein Vorurtheil über das, was wesentlich und unwesentlich sei, mit hinzugebracht. Das letzte ist auch noch dadurch klar, dass er ausser dem Kern keinen Zelleninhalt zeichnet und auch nicht erwähnt. Ein solcher ist aber immer vorhanden und grade für die Bildung der Zellen von der allergrössten Wesentlichkeit. —

* *Observations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. Transactions of the Linnean society.* London 1833, p. 710 ff.

1840. *Schleiden*, Zur Anatomie der Cacteen. *Mém. de l'acad. de St. Pétersbourg VI. Serie.* Der Inhalt ist in die obige Darstellung (S. 148 bis S. 151) aufgenommen.

1841. *Unger* in der *Linnaea.* Die Zellenkerne sollen sich erst später in der schon fertigen Zelle bilden.

1842. *Nägeli,* Ueber Entwickelung des Pollens, Zürich. Schildert die Entwickelung der Zelle um einen centralen Kern bei den Pollenkörnern der Phanerogamen.

Nägeli in der *Linnaea.* Entwickelung der Spaltöffnungszellen. Eine kleine dreikantige Leiste zwischen den zwei in der Mutterzelle entstandenen Tochterzellen soll den Intercellulargang zwischen beiden darstellen, Endosmose von Wasser die beiden Tochterzellen vollständig von einander isoliren.

1843. *Quekett* im *Microscopical journal and structural record for* 1841 *ed. by D. Cooper* (im Auszug Botanische Zeitung Sp. 80). Der primäre Gefässschlauch stammt von einem Cytoblasten ab, welcher später resorbirt wird.

Mirbel und *Payen* in den *Comptes rendus Janvier.* Eine kuglig-zellige Substanz, das Cambium, geht der Bildung der Zellen voraus, besteht aus Kohlenhydraten, Dextrin, Gummi, Zucker u. s. w. und in stickstoffhaltiger Substanz.

Endlicher und *Unger*, Grundzüge der Botanik. Unterscheiden primäre und secundäre Zellenentwickelung. Die erste besteht in der Entwickelung von Höhlen in einer gleichförmigen schleimigen Substanz. Anfangs haben die Höhlen keine eigenen Wandungen, die sich erst später bilden, besonders bei Algen, Flechten, überhaupt bei niedern Pflanzen, bei höhern nur selten. Die zweite ist entweder intrautriculäre oder merismatische Zellenbildung. Bei der ersten bilden sich neue Zellen einzeln oder zu mehreren aus dem Inhalte bereits vorhandener Zellen hervor, so dass sie die Mutterzellen ausdehnen und auflösen, besonders bei Bildung der Sporen und des Pollens. Die zweite oder merismatische Zellenbildung besteht in der Theilung vorhandener Zellen durch Entstehung von Zwischenwänden. Diese Art der Zellenvermehrung ist die allgemeinste. Bei beiden zuletzt genannten Arten der Zellenbildung ist es nicht der Zellkern aus dem die neuen Zellen unmittelbar hervorgehen, sondern der schleimig körnige Inhalt der Zelle.

Hermann Karsten, de cella vitali dissertatio. Die Zellen entstehen durch Ausdehnung amorpher Körnchen der organischen Materie in den Zellen.

1844. *Hugo von Mohl*, Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle (in: Botanische Zeitung Sp. 273). In allen lebenskräftigen Zellen findet sich eine auskleidende Membran, welche aus einer stickstoffhaltigen Schicht besteht; diese Membran ist früher vorhanden als die aus Zellstoff bestehende Zellenwand und deshalb nennt sie *Mohl* »Primordialschlauch«. Die neuen Zellen entstehen wahrscheinlich durch Auflösung des alten Primordialschlauchs und Bildung von mehreren neuen vermittelt durch einen Zellenkern, der stets der Zellenbildung vorangeht.

Unger, Das Wachsthum der Internodien von anatomischer Seite betrachtet (in: Botanische Zeitung Sp. 506). Die Vermehrung der Zellen geschieht durch Zwischenwandbildung. Der Zellenkern ist dabei Nebensache.

Nägeli, Zellenkern, Zellenbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen (in Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Bd. I. Heft 1). Im Wesentlichen die S. 149 und S. 151 II, 2. mitgetheilten Ansichten.

1844. *Griesebach*, Beobachtungen über das Wachsthum der Vegetationsorgane u. s. w. (in *Wiegmann's* Archiv S. 134 ff.). Die Zellen vermehren sich durch Theilung ohne Cytoblasten. Nachtrag dazu. Es finden sich 1) freie Zellenanfänge, welche in der Mutterzellenauge schwimmen, 2) oft mit diesen zusammen frei schwimmende Tochterzellen, 3) Zellen mit wandständigen Cytoblasten, d. h. ausgebildete Tochterzellen. Daraus wird auf die Richtigkeit meiner Zellenbildungstheorie geschlossen.

1845. ? Untersuchungen über die zellenartigen Ausfüllungen der Gefässe (in: Botanische Zeitung Sp. 225 ff.). Die zellenartigen Organe in der Höhle älterer Gefässe

entstehen als blasenartige Ausstülpungen benachbarter Zellen, welche durch einen Porenkanal in das Gefäss eindringen, während sich erst später in ihnen ein Zellenkern entwickelt.

Karl Müller, Zur Entwickelungsgeschichte der Charen (in: Botanische Zeitung Sp. 410 ff.). Eine aus Amylum gebildete Flüssigkeit ballt sich zusammen zum Cytoblasten, dieser ist eben deshalb stickstoffhaltig, da ja der grosse Stickstoffgehalt des Amylums im Kleber bekannt ist (!!!), um den Cytoblasten bildet sich eine Zelle.

Karl Müller, Ueber die Schuppen des *Trichomanes membranaceum* (in: Botanische Zeitung Sp. 580 ff.). Die Zellenbildung geschieht auf bekannte Weise durch Cytoblasten, dies ist an getrockneten Exemplaren dargethan (!).

Hugo von Mohl, Ueber Entwickelung der Spaltöffnungen (in: Vermischte Schriften) Nachtrag. Der Zellenkern verdoppelt sich durch Theilung. Dann bildet sich ziemlich plötzlich eine einfache Scheidewand zwischen beiden durch, welche die ganze Zelle in zwei Theile theilt. Später theilt sich die Scheidewand in zwei Lamellen, indem von der obern und untern Seite der Zelle eine Furche eindringt.

Schaffner, Einige Untersuchungen über die Vermehrung der Zellen (in: Flora S. 481 ff.). Zellen bilden sich um einen oder mehrere Cytoblasten, auch wohl um Cytoblasten und schon fertige Zellen. Die Cytoblasten können sich auch selbstständig durch Hohlwerden zu Zellen entwickeln. Es bilden sich auch Zellen ohne Kern, in welchen der Kern erst nachwächst. Zellenvermehrung durch Theilung findet nicht statt. In den jüngsten Zellen zeigt sich noch kein Primordialschlauch, er bildet sich erst später.

Karl Müller, Einige Bemerkungen über die Bildung des Amylums (in: Botanische Zeitung Sp. 833). Die Cytoblasten bilden sich zu Stärkemehl um und dieses geht nur in schon fertigen Zellen vor sich. Der Cytoblast dehnt sich blasenförmig aus, verwandelt sich in Amylum (geht in einen andern Aggregatzustand über!!!), an seiner innern Wandfläche lagern sich aus dem Cytoblastem neue Schichten von Amylum ab. Das Ganze ist beobachtet an den Früchten von verfaulten Charen.

Hugo von Mohl, Ueber Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung (in: Vermischte Schriften S. 362 ff.). Bei den Conferven, namentlich *Conferva glomerata* bildet der Primordialschlauch eine kreisförmige Falte nach Innen und theilt dadurch den Zelleninhalt in zwei Theile, dieser Falte des Primordialschlauchs folgt etwas später eine Falte der Zellenmembran selbst, die endlich in der Zellenaxe zusammenfliessend eine völlige, ihrer Entstehung gemäss doppelte Scheidewand bildet; so sind aus einer Zelle durch Theilung zwei geworden.

1846. *Nägeli*, Zellenkerne, Zellenbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen (in: Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik 3. u. 4. Heft S. 22 ff.). — 1) Es giebt eine freie Zellenbildung ohne Kern durch Ausdehnung und Hohlwerden eines kleinen Kügelchens bei einigen kleineren Algen, bei Bildung der Sporen der Flechten und Pilze. Zuweilen entsteht später ein Kern in der fertigen Zelle. Dieser Vorgang der abnormalen Zellenbildung findet ebenfalls in den älteren Zellen der Conferven sowie bei der Sporenbildung der Zygnemaarten statt. 2) Es bilden sich ganz homogene Schleimkügelchen, die Kernchen, um diese ein ganz homogener Kern an dem bald eine eigene Membran zu unterscheiden ist. Finden sich mehrere Kernchen, so sind die übrigen von secundärer Bildung. Um den Kern lagert sich eine homogene Schleimschicht ab, diese wird nach und nach dick und zwar vorzugsweise an einer Seite, dann wird sie körnig im Innern, sie wird von einer Membran umschlossen und die Zelle mit wandständigem Kern ist fertig. Dieser Vorgang charakterisirt die Zellenbildung im Embryosack der Phanerogamen.

Karl Müller, Zur Entwickelungsgeschichte der Lycopodiaceen (in: Botanische Zeitung Sp. 521 ff.). Die jungen Zellen bestehen aus einem Kern, den mehrere Schichten concentrisch umgeben, beide werden von Jod blau gefärbt. Eine gallert-

artig coagulirte Schicht umgiebt das Ganze in Form einer Zelle. Bald verschwinden diese Zellen als Amylumzellen, indem sie sich in eine durch Jod braun werdende Substanz umändern (!!!) und so weiter.

1847. *Karl Müller*, Beiträge zur Entwickelung des Pflanzenembryo (in: Botanische Zeitung Sp. 760). Die erste Zelle im Embryobläschen geht ohnzweifelhaft aus dem Cytoblasten hervor; die unzweifelhafteste Bestätigung der *Schleiden*'schen Zellentheorie (?) *.

Hofmeister, Untersuchung des Vorgangs bei der Befruchtung der *Oenothereen* (in: Botanische Zeitung Sp. 788). Die erste Zelle im Embryobläschen bildet sich durch plötzliche Scheidewandbildung; also die unzweifelhafteste Widerlegung der *Schleiden*'schen Zellentheorie (?).

§. 15.

Die frei sich selbst überlassene Pflanzenzelle bildet sich regelmässig kugelförmig aus. Ihre spätern Formen hängen höchst wahrscheinlich von ungleicher Ernährung der einzelnen Theile ihrer Wand und daraus entstehender ungleicher Ausdehnung ab. Man kann hier unterscheiden:

A. Allseitige, oder doch ziemlich allseitige Ernährung. Hierdurch entstehen kugelige oder elliptische Zellen, oder wenn sie sich durch gegenseitigen Druck abplatten, polyedrische Zellen, bei regelmässiger Anordnung dodekaedrische. Ist die allseitige Ausdehnung ungleichförmig, so entwickeln sich einzelne nach allen Seiten in Strahlen auswachsende Hervorragungen, es entstehen morgensternförmige Zellen.

B. Ernährung in den Dimensionen der Fläche. Dadurch entstehen tafelförmige Zellen, oder wenn die Ernährung in der dritten Dimension von einer Seite hinzukommt, planconvexe Zellen; wenn aber die Ernährung in einer Richtung der Fläche gegen die andere überwiegt, lange, schmale, tafelförmige Zellen, man könnte sie bandförmige nennen. Bei ungleichförmiger Ausdehnung bilden sich strahlige oder sternförmige Zellen.

C. Ernährung nur in einer Richtung, also Ausdehnung in die Länge. Hier bilden sich langgestreckte Zellen vom Cylindrischen oder Prismatischen bis zum Fadenförmigen.

Dass die ungleiche Ernährung ein Hauptgrund für die Formenverschiedenheit der Zellen ist, lässt sich wenigstens überwiegend wahrscheinlich machen; Zellen, die nicht unmittelbar mit Flüssigkeit in Berührung kommen, können nur da ernährt werden, wo sie mit andern Zellen in Berührung stehen, deshalb wächst die Zellenwand, die mit Luft in Berührung kommt, nicht weiter fort und plattet sich bei Ausdehnung der ganzen Zelle allmälig ab, so bei den Oberhautzellen auf der äussern Fläche; bei den Zellen der Scheidewände in Luftcanälen auf beiden Seiten. In den Luftcanälen finden sich in der Jugend kugelige Zellen, diese berühren sich nur an einzelnen Punkten; da nun schnell die Säfte in den Zwischenräumen der Zellen absorbirt und durch Luft ersetzt werden, so können die Zellen auch nur da ernährt werden, wo sie sich berühren; die Berührungsflächen wachsen also zu Strahlen aus, so entstehen die sternförmigen Zellen der Scheidewände, die schwammförmigen Zellen der Luftcanäle. Es kann diese ungleichförmige Ernährung aber auch bei vollständiger Berührung der Zellen vorkommen, dann aber legen sich die auswachsenden Strahlen wechselsweise in einander, wie bei sehr vielen Epidermiszellen der Fall ist, deren Grenzen in der Fläche wellig oder zackig gebogen erscheinen.

---

* Der Verfasser kann übrigens, wie seine Untersuchungen an *Monotropa* zeigen, noch nicht einmal Embryo und Endosperm unterscheiden.

Den entschiedensten Beweis dafür, dass die ungleiche Ernährung der Zellenmembran die Ursache der Formveränderung sei, hat kürzlich *Nägeli** in seinen Untersuchungen über *Caulerpa prolifera* geliefert. Ein scheinbar kriechender Stengel nach unten wurzelnd, nach oben Blätter, an den Seiten zuweilen Aeste bildend, entsteht aus dem Wachsthum eines Körpers, der wenigstens als einzelne Zelle erscheint. Die grossen Dimensionen erlauben es hier an der Zellenmembran die ältern nicht mehr wachsenden Theile von den jüngsten noch fortwachsenden deutlich zu unterscheiden, und die Entstehung der verschiedenen Formen mit Sicherheit auf die verschiedenartige Ernährung der einzelnen Theile der Zelle zurückzuführen. Die Verschiedenheiten im Wachsthumsprocess dieser einzelnen Zelle lassen sogar Analogien zu zwischen dem morphologischen Unterschied vom Stengel und Blatt bei den höhern Pflanzen und den hier als Blatt und Stengel erscheinenden Abtheilungen der einzelnen Zelle.

Alle verschiedenen Formen der Zellen, mit Ausnahme der kugeligen, elliptischen und fadenförmigen, entstehen nur durch Verbindung mehrerer Zellen unter einander. Für sich bildet sich jede freie Zelle mit gebogenen Flächen aus, alle polyedrischen Gestalten entstehen allein durch gegenseitige Abplattung. Lägen nun lauter gleichgrosse Zellen neben einander, die gleichförmig auf einander drückten, so würden sie sich not wendig zu Rhombendodekaedern abplatten. Das Rhombendodekaeder wäre also gleichsam das in der Wirklichkeit freilich wohl selten vorkommende Ideal der mit andern zu regulärem Zellgewebe verbundenen, nicht aber die Grundform der einzelnen Zelle. Dahin ist *Kieser*** zu verstehen und zu berichtigen.

Geschichtliches und Kritisches. Man unterschied früher eine grosse Zahl Elementarorgane bei den Pflanzen, und obwohl von allen nachgewiesen ist, dass sie nur Zellenformen sind, so bleiben doch *Link* und *Treviranus* wenigstens bei dreien stehen, Zelle, Gefäss und Faser. Es ist mindestens höchst schwerfällig, erst zu sagen, die Pflanze hat drei Elemente, und nachher zu beweisen, alle drei sind aber nur eins und dasselbe. Die angeblich verschiedene Function rechtfertigt diese Eintheilung gar nicht, denn wir wissen von der Verschiedenheit der Function dieser drei Gebilde gradezu gar nichts, wenn wir's nicht etwa hineinlegen, und soviel ist klar, dass die Lebensthätigkeit einer Parenchymzelle, die nur ätherisches Oel in sich bildet, von der, welche nur Stärkemehl producirt, weiter verschieden sein muss, als die poröse Gefässzelle von der ebenfalls porösen Markzelle, die beide Luft enthalten.

Anhang. Die mit einer eignen Membran versehenen Gefässe des Milchsafts sind noch nicht mit Sicherheit auf Zellen zurückgeführt. Ihr Ursprung ist dunkel, im ausgebildeten Zustande gleichen sie langgestreckten, oft verästelten Zellen, und stimmen auch mit diesen, in welche sie durch Mittelbildungen übergehen, in ihrer ferneren Entwickelung überein.

§. 16.

Bis zu einer gewissen Zeit wächst die Zellenmembran in ihrer ganzen Dicke durch Intussusception, aber oft nicht gleichförmig; einzelne Stellen werden stärker ernährt und bilden warzenförmige Hervorragungen auf der äussern oder innern Fläche.

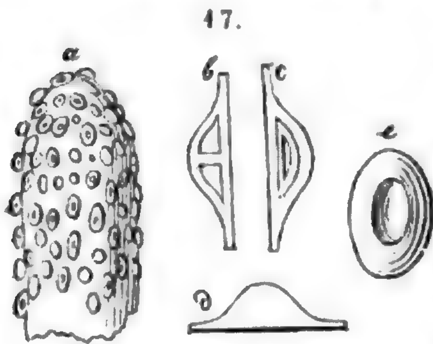
Wie mir scheint ist bisher nicht genügend auf diesen Punkt geachtet, und er scheint gleichwohl Aufmerksamkeit zu verdienen. Es ist lange bekannt, dass gewisse Haare mit Wärzchen, die deutlich in Spirallinien stehen, besetzt sind. Meistens sind es kleine, gleichgrosse Wärzchen, wie an den Haaren der Familie der Borragineen, der

---

* *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft 1. S. 134 — 165.

** Ueber die ursprüngliche Zellenform. *Nova Acta academ. Leopold. Carol. Nat. Cur. Tom. IX.*

Urticeen, der Malvaceen u. s. w., zuweilen aber sind es auch längere, streifenartige Erhöhungen der äussern Fläche, z. B. an den Antherenhaaren von *Lobelia cardinalis*, an den zweiarmigen Haaren auf den jungen Zweigen von *Cornus mascula etc.*



Was aber das Auffallendste bleibt, ist dass gar oft diese Wärzchen eine oder zwei Höhlen in ihrem Innern zeigen und durch eine scharfe Linie von der Oberfläche des Haares abgesetzt sind, als wären es angewachsene Zellen, so z. B. an den Haaren der Wölbschuppen bei den *Anchusa*-arten (17) und andern Pflanzen. Nicht immer aber sind diese warzenförmigen Verdickungen auf der äussern Fläche der Zellenwand, oft bilden sie vielmehr Vorsprünge nach Innen, so z. B. an den sogenannten Haarwurzeln der Marchantiaceen, an den Faserzellen in *Peltigera canina* und anderen, in den spindelförmigen Zellen im Stylus von *Cereus phyllanthoides* (18), an den Markstrahlenzellen von *Pinus sylvestris* u. a., in den Haaren der Malpighiaceen, wo sie kleine gestielte Knöpfchen bilden (*Morren*)*, in den Brennhaaren der Blätter von *Anchusa crassifolia*, wo sie als körnige Warzen erscheinen. Ueber die Entwickelungsgeschichte dieser kleinen Knötchen, die insbesondere bei den hohlen und knopfförmigen in den *Malpighia*-haaren interessante Resultate verspricht, wissen wir noch nichts.

18.

Eine höchst interessante Bildung, die hierher gehört, findet sich im Laube von *Pellia epiphylla*. Ich hatte dieselbe früher** als ein eigenthümliches Gefäss- oder Intercellularsystem beschrieben, worin mich die Erscheinung bestärkte, dass bei der *var. aeruginosa* diese Organe vorzugsweise die rothe Färbung zeigen. Bei einer neuern Untersuchung in Verein mit Herrn *Schacht*, habe ich mich aber überzeugt, dass hier nur flache halbrunde Verdickungen der Zellenwand vorhanden sind, deutlich aus Zellstoff gebildet und stets in zwei benachbarten Zellen sich so entsprechend, dass sie den Schein eines auf dem Querschnitte spindelförmigen Körpers, der zwischen beiden Zellenwänden liegt, annehmen. Bei gehörig feinen Schnitten sieht man aber bald, dass die Zellenwände mitten durch diese Körper durchlaufen und ihn in zwei verschiedenen Zellen angehörige Hälften theilen.

§. 17.

In einigen seltenen Fällen (bei den Sporen einiger Conferven) bildet die Zelle auf ihrer Aussenfläche, bald die ganze Fläche bedeckend, bald nur an einer einzelnen Stelle, fadenförmige Fortsätze, die, ähnlich den Wimpern auf den Zellen der Schleimhäute bei den Thieren, eine schwingende Bewegung zeigen.

Das im Paragraphen erwähnte Phänomen ist eine der interessantesten Zugaben zur Lehre von der Pflanzenzelle; wir verdanken das was wir bis jetzt davon wissen den

17. *a* Oberer Theil eines Haares am *fornix* der Blumenkrone von *Anchusa italica* mit warzenförmigen Verdickungen nach Aussen bedeckt, *b*, *c*, *d* einzelne Formen der Warzen der Länge nach durchschnitten (stärker vergrössert), *e* eine solche Warze von oben gesehen (stärker vergrössert). — Es kommen vor: ganz dichte Warzen *d* mit einfacher Höhle *c*, *e*, mit doppelter Höhle *b*, und die einfache Höhle oft mit einer besondern Schicht ausgekleidet *c*.

18. Oberer Theil der langgestreckten bastähnlichen Zellen im Staubweg von *Cereus phyllanthoides* mit warzenförmigen, nach Innen vorspringenden Verdickungen der Zellenwandung.

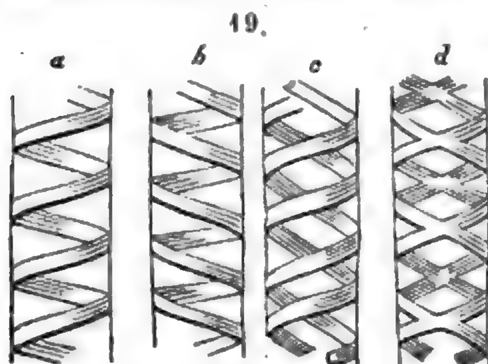
* *Morren, Obs. sur l'épaississement de la membrane végétale dans plusieurs organes de l'appereil pileux.* (*Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles. Tom. VI. No.* 9.)

** *Wiegmann's* Archiv 1839 S. 280. Abgedruckt in: Beiträge zur Botanik. Bd. I.

Bemühungen von *Unger** und *Thuret***. Ich hatte noch keine Gelegenheit, die Beobachtungen dieser Männer zu bestätigen, was bei Beiden auch als überflüssig erscheint. Folgendes ist das Ergebniss ihrer Forschungen. *Thuret* unterscheidet vier Formen; bei *Conferva rivularis* und *glomerata* (genauere Bezeichnung der Art giebt er nicht) haben die Sporen am verdünnten Ende zwei schwingende Wimpern; bei *Chaetophora elegans var. pisiformis* und einer andern Art sind 4 Wimpern vorhanden, *Prolifera rivularis* und *Pr. Candolli* von *Leon Leclerc* (ob *Oedogonium Kützing?*) haben an derselben Stelle einen ganzen Kranz von Wimpern, endlich bei *Vaucheria Ungeri Thur.* (*V. clavata* und *ovata DeC.*) ist die ganze Oberfläche der Spore mit schwingenden Wimpern besetzt. Dies letzte Factum ist zuerst von *Unger* aufgefunden. Nach ihm*** sitzen diese Wimpern auf einer die eigentliche Zellenmembran überziehenden Schleimschicht und stülpen sich aus dieser nach und nach haarförmig hervor. Durch Eiweisslösung erstarrt das ganze Gebilde und trennt sich von der Zellenmembran. Wenn die Zelle zum Behufe des Keimens zur Ruhe kommt, so werden die Wimpern allmälig von der Schleimschicht wieder eingezogen. Die Wimpern der *Vaucheria* sind am freien Ende etwas kolbig angeschwollen. Ueber dieses ganze eigenthümliche Verhalten ist, wenn man nicht am Schwärmen in unwissenschaftlichen Phantasieen Geschmack findet, zur Zeit noch nicht viel zu sagen.

§. 18.

Wenn die Zelle eine bestimmte Ausdehnung erreicht hat, tritt eine wesentliche Veränderung in der Ernährungsweise der Zelle ein, indem der neu entstandene Zellstoff nicht mehr durch Intussusception die Wand verdickt, sondern als concrete Schicht auf ihre innere Fläche abgelagert wird. Diese Ablagerung ist aber keine continuirliche Membran, sondern geschieht in der Richtung einer Spirale, als einfache oder mehrfache Spiralfaser oder Spiralband. Dehnt sich die Zelle nach dem Auftreten dieser Verdickungsschicht noch mehr oder weniger aus, so werden die anfangs dicht auf einander liegenden Windungen von einander gezogen. Je weniger sich die Zelle noch ausdehnt, desto fester vereinigt sich die Faser mit der Wand. Oft verwachsen schon früh einzelne Windungen der Faser oder einzelne Stellen der Windungen unter einander. Aus allen diesen Momenten gehen sehr mannigfache Configurationen der Zellenwände hervor, die man in zwei Abtheilungen bringen kann, je nachdem die getrennten Fasern deutlich hervortreten (Faserzellen, *cellulae fibrosae*), oder die Fasern so vielfach unter einander verwachsen sind, dass man sie als eine continuirliche Membran mit grösseren oder kleineren Spalten besetzt ansehen kann (poröse Zellen, *cellulae porosae*),



Natur und Ursprung der Spirale. Eine Spirale kann rechts (19, *b*) oder links (19, *a*) gewunden sein, d. h. wenn man mit der Spirale in die Höhe steigt, so kann die Axe derselben uns rechts oder links liegen. Beide Arten verhalten sich als directe Gegensätze. Nehmen wir die verticale Entfernung des An-

19. Schematisch. *a* linksgewundene Spirale, *b* rechtsgewundene Spirale, *c* zwei gleichläufig (links) gewundene Spiralen in einer Zelle, *d* zwei ungleichläufig (eine rechts, eine links) gewundene Spiralen in einer Zelle.

* *Unger*, die Pflanze im Moment der Thierwerdung. Wien 1843.

** *Thuret*, *Recherches sur les organes locomoteurs des Spores des Algues.* (*Annales des sciences nat. Mai* 1843.)

*** Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1846.

fangs der einen Windung vom Anfang der nächsthöheren zu *a* an, so ist + *a* die Bezeichnung der rechts gewundenen Spirale, — *a* die der links gewundenen und *a* — *a* die Bezeichnung eines in sich zurücklaufenden Ringes. Die rechts gewundene Spirale kommt am häufigsten vor, aber auch die links gewundene oft genug, dass wir den ebenfalls häufig vorkommenden Ring als die Indifferenz beider betrachten dürfen*. Möglicherweise kann aber der Ring auch auf andere Weise entstanden sein. Eine jede Spirale lässt sich vertical in zwei Hälften zerschneiden, von denen die eine dann von einem Punkte angesehen grade die entgegengesetzte Steigung zeigt als die andere. Wenn die vordere Hälfte der Windung von der Rechten zur Linken aufsteigt, so muss die hintere von der Linken zur Rechten aufsteigen. Bei zwei gleichgewundenen Spiralen werden also die vorderen und hinteren Hälften für sich parallel laufen, zugleich gesehen und auf eine Fläche projicirt aber sich kreuzen (19, *c*). Zwei in derselben Cylinderfläche in entgegengesetzter Richtung aufsteigende Spiralen werden sich aber in jedem ganzen Umlauf zweimal, einmal in der vorderen, einmal in der hinteren Hälfte durchschneiden (19, *d*). Dieser letzte Fall ist bis jetzt niemals beobachtet worden. *Link***, der es behauptet, wird durch seine eigne Zeichnung widerlegt, die den ersten Fall darstellt. Die sich kreuzenden Linien in der Wand der Bastzellen der Apocyneen erklärt man, glaube ich, vorläufig richtiger und consequenter aus dem Aufeinanderliegen zweier Schichten, deren Fasern in entgegengesetzter Richtung gewunden sind.

Es ist leicht, bei den grösseren Formen die Spiralfiber auf einem Querschnitte zu beobachten, und dabei zeigt sie sich völlig homogen, nur bei sehr alten Fasern bemerkt man, z. B. in *Arundo Donax*, dass sie aus einer der Wand anliegenden Faser und einer dieselbe von den drei freien Seiten bedeckenden Rinde besteht. Auch zeigt sich durch solche Querschnitte für den, der es nicht ohnehin mit einem guten Mikroskop sieht, ganz deutlich, dass die Spiralfaser niemals rund, sondern ein plattes dickeres oder dünneres Band ist, dessen freie nicht der Wand anliegenden Kanten vielleicht höchstens etwas abgerundet erscheinen***. Die Ansicht von einer canalförmigen oder hohlen Spiralfaser gehört zu den aus höchst mangelhaften Untersuchungen entstandenen Antiquitäten.

Ich glaube nicht, dass man das erste Entstehen der Spirale schon beobachtet hat. Mir ist sehr wahrscheinlich, dass sie viel früher vorhanden ist, als sie für unsere optischen Mittel sichtbar wird, indem sie zuerst aus einem Stoff besteht, der von der Zellenwand und dem Zelleninhalt optisch nicht verschieden ist, worauf doch allein die Erkennbarkeit eines Gegenstandes beruht. Die Spiralen erscheinen je näher ihrem Ursprunge um so durchsichtiger und schwerer zu beobachten, oft sind sie, von der Fläche gesehen, noch völlig unsichtbar, sind aber an den Rändern der Zelle schon als kleine Hervorragungen zu erkennen; hier sieht man sie nämlich in der Verkürzung, und so haben sie optisch mehr Masse. Oft wo sie noch völlig unsichtbar sind, bringt uns die Anwendung der Jodine noch ihre Spuren vor Augen. Daher mögen manche Formen nur dann auf die Spirale zurückzuführen sein, wenn man annimmt, dass die Mittelstufen schon durchlaufen würden, ehe das Gebilde noch sichtbar wurde. Endlich erkennt man die meisten spiraligen Bildungen erst von dem Augenblick deutlich, wenn sie anfangen Luft zu führen, weil dann erst die durch dazwischen lagernde Flüssigkeit aufgehobene optische Differenz zwischen den Spiralfasern und den Zwischenräumen hervortritt.

Ferner finde ich bei allen mit der grössten Sorgfalt angestellten Untersuchungen, bei allen spiraligen Bildungen die Windungen um so enger, je näher sie ihrem Ursprunge sind. Ich finde ferner, je näher ihrem Ursprunge, um so mehr reine unver-

* Vergleiche die Aufsätze von *Mohl* und mir in Flora von 1839. Nr. 43 ff. und Nr. 21 ff.
** *Link, Elem. phil. bot. Ed. II. T.* 1, *p.* 167. *d.* 497 und Taf. I. Fig. 3. *a.*
*** Man vergl. die Kupfertafel Fig. 18, 19, 20 mit der Erklärung.

ästelte Spiralen, endlich habe ich in einigen Fällen die abweichendsten Formen, z. B. die Ringe bestimmt auf die Spirale* zurückführen können. Aus dem allen ziehe ich den Schluss, dass die Grundlage aller der verschiedenen Bildungen, die ich hierher rechne, einfache unverästelte und eng aufeinanderliegende Spiralfasern sind, um so mehr, als aus dieser einfachen Hypothese in Verbindung mit der ziemlich unzweifelhaften Thatsache, dass uns alle spiraligen Bildungen erst sichtbar werden, nachdem sie schon längere Zeit vorhanden und in dieser Zeit verschieden modificirt sind, sich alle Erscheinungen leicht erklären lassen. Ich muss hier aber noch bemerken, dass, wenn sich Spiralfibern in cylindrischen oben und unten abgestutzten Zellen bilden, wie in den meisten eine continuirliche Röhre darstellenden Gefässzellen, die letzte Windung oben und unten in sich selbst zurückläuft und so einen Ring bildet, der aber von den andern Ringen, die im Verlauf einer Spiralfiber entstehen, wohl unterschieden werden muss.

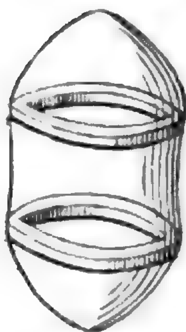
Aber selbst wenn man auch zugiebt, dass durch die grosse Anzahl der Fälle und die Sicherheit der Beobachtung bei den Meisten die Induction empirisch genügend gestützt ist, wenn man auch die darauf gebaute Hypothese als sehr einfach und alle Thatsachen erklärend annehmlich findet, muss man doch bemerken, dass wir hier noch weit von einer rationellen Induction entfernt sind, indem es uns hier ganz und gar an speciellen leitenden Maximen fehlt. Wir haben bis jetzt noch keine auch nur leise Andeutung darüber wie die Bildung einer Spirale mit der Natur der Pflanze oder Pflanzenzelle in Verbindung stehe, aus dieser abgeleitet werden könne. Sicheren Halt gewinnt die ganze Lehre erst dann, wenn wir auch nur in einem einzigen Falle, in einem Falle sogar, der mit der Bildung der Spiralfasern selbst gar nicht zusammenhängt, nachweisen können wie aus dem Wesen der Pflanzenzelle eine Spiralrichtung unter gewissen Bedingungen mit Nothwendigkeit folge. Könnten wir die spiralige Richtung der Circulation in den Centralschläuchen der Chara auf eine Eigenheit in der Natur der Zelle als nothwendige Folge derselben zurückführen, so würden sogleich alle spiraligen Bildungen eine ganz andere Bedeutung gewinnen. Berücksichtigen wir die eigenthümlichen braungefärbten Spiralfaden in den Zellen der Sporenfrüchte bei den Lebermoosen, die beweglichen Spiralfaden in den Antheridien der Characeen, Moose, Lebermoose und Farnkräuter, so ist es nicht unwahrscheinlich dass wir zur Zeit noch unter dem Namen Spiralfasern sehr verschiedene Dinge zusammenfassen, nämlich einmal die eigenthümliche Form der Verdickungsschichten der Zellmembran, also eine stickstofffreie Substanz (Zellstoff) und zweitens eine besondere Gestaltung des Schleims, des stickstoffhaltigen Inhalts der Pflanzenzelle.

Uebersicht der verschiedenen Formen. Man muss hierbei nothwendig ins Auge fassen, dass sich die Zelle, nachdem die Spiralfasern entstanden sind, noch oft bedeutend ausdehnt.

A. Findet diese Ausdehnung statt, so ergeben sich folgende Modificationen.

a. Wenn von einer einfachen Fiber in verschiedenen Abständen zwei ganze Windungen früh zu einem Ringe verwachsen, so können bei verhältnissmässig bedeutender Ausdehnung die freien Windungen derselben nicht mehr folgen, sie werden, alle oder zum Theil, gezerrt, zerrissen und resorbirt, und die Zelle zeigt allein, oder mit einzelnen Spiralwindungen gemischt, Ringe, die gewöhnlich mit der Zellenwand wenig oder gar nicht verwachsen sind. (Ringfaserzellen, *cellulae annuliferae.*)

Dieser Vorgang lässt sich in der That in seinem ganzen Verlaufe im

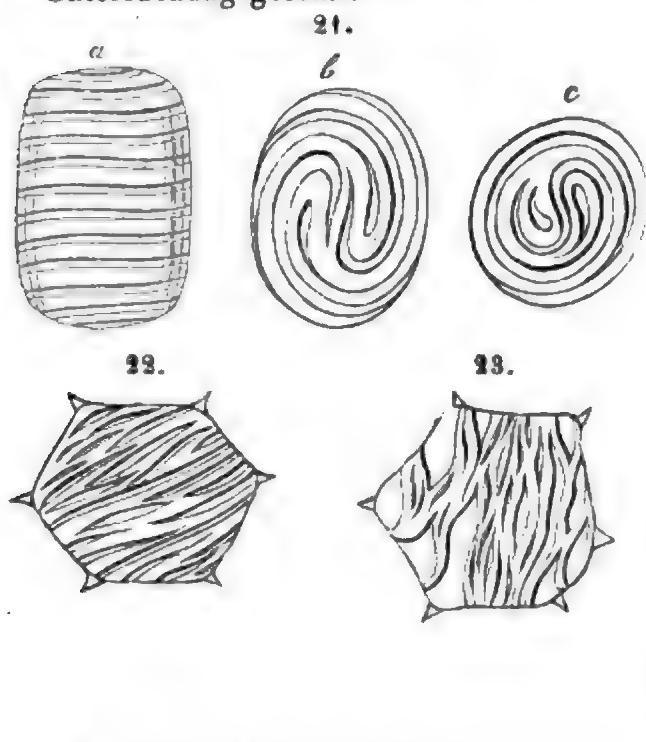
20.


20. Faserzelle mit zwei einzelnen Ringen aus *Opuntia peruviana* in der Nähe des innersten Theils der Gefässbündel.

---

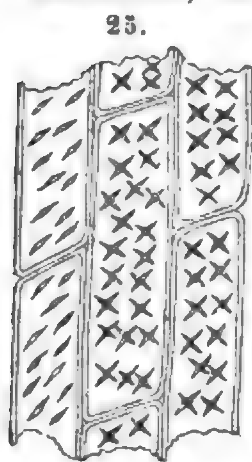
* Ungeachtet *Mohl's* Einwendungen (Flora v. 1839, Nr. 43 und 44) muss ich nach wiederholten Untersuchungen bei meiner früheren Ansicht (Flora v. 1839, Nr. 21 u. 22) bleiben.

Stengel mehrerer Tradescantien, im Rhizom von *Equisetum arvense* und in einigen anderen Pflanzen beobachten. Bei vielen andern dagegen ist es mir unmöglich gewesen die erste Bildung der Ringe zu belauschen. Bei den Cacteen, in welchen so sehr grosse und breite Ringe vorkommen, hat es mir bis jetzt an Material für die Untersuchung gefehlt.



b. Wenn einfache oder mehrfache Spiralen unter sich und mit ihren Windungen nicht verwachsen und die Zelle sich noch bedeutend ausdehnt, so bleiben sie gewöhnlich frei und mit mehr oder weniger entfernten Windungen in der Zelle liegen. (Spiralfaserzellen, *cellulae spiriferae.*)

c. Wenn mehrere Fasern unter einander auf längeren Strecken verwachsen, oder die einzelnen Windungen hin und wieder auf kürzeren Strecken sich verbinden, so werden bei bedeutender Ausdehnung der Zellen die unverwachsenen Theile der Fasern und Windungen von einander gezogen. Je mehr Verwachsungspunkte vorhanden sind, je weniger die Zelle sich noch ausdehnt, desto fester verwachsen die Fibern mit der Zellenwand, (Netzfaserzellen, *cell. retiferae*)*.



B. Wenn die Zelle sich von dem Moment, in welchem die Spiralfasern sich bilden, wenig oder gar nicht mehr ausdehnt, so verwachsen die Windungen der Spiralen gewöhnlich ganz fest mit der ursprünglichen Zellenwand. Die Windungen der Spiralen finden dann unter einander zahllose Berührungspunkte und verwachsen auch hier mit einander. Selten trifft diese Verwachsung die Windungen in ihrer ganzen Länge, so dass die Verdickungsschicht als völlig homogene Membran erscheint; doch scheint dieser Fall zuweilen bei den Bastzellen z. B. beim Lein, bei der Linde vorzukommen. Theilweise kommt eine solche Verwachsung zu einer homogenen Membran gar nicht selten vor, in sofern die eine ganze Seite einer Zelle von Porenbildung ganz frei bleibt, z. B. in den grossen porösen Zellen-

21. Faserzellen mit 1—3 reinen Spiralbändern, *a* von der Seite, *b* und *c* von Oben gesehen, wo das Ineinanderlaufen der Spiralen sehr zierliche Zeichnungen hervorruft. Diese Zellen bilden eine einfache Lage unter der Oberhaut der obern Blattfläche von *Pleurothallis ruscifolia.*

22. Faserzellen mit netzförmig verwachsenen Fasern aus reinen Spiralen entstanden, in den Blattnerven von *Gesneria latifolia.*

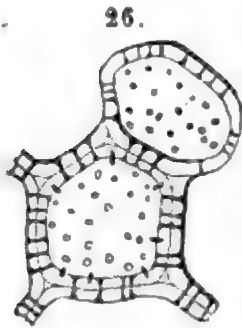
23. Netzförmige Faserzellen aus der Rinde der verhüllten Wurzeln von *Maxillaria atropurpurea.*

24. Netzförmige Faserzellen aus der Rinde der verhüllten Wurzeln von *Acropera Loddigesii.* Hier sind schon ziemlich gleich grosse Spalten vorhanden und der Verlauf der Spiralfasern ist kaum noch zu erkennen.

25. Poröse Zellen aus dem gestreckten Parenchym des Stengels von *Arundo donax.* Die Poren sind spaltenförmig und wo zwei Zellenwände aneinander liegen, kreuzen sich die Spalten.

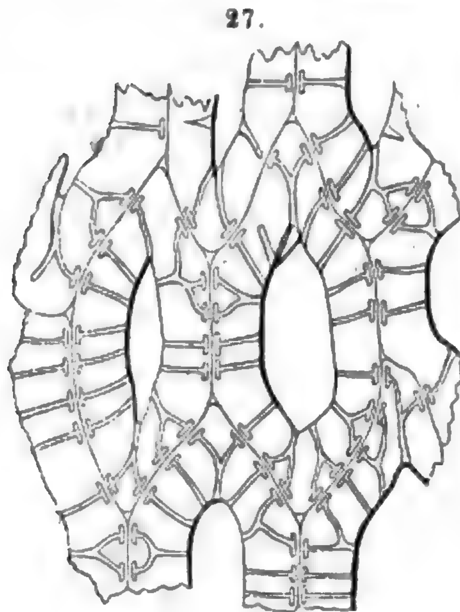
* Hierher gehören auch die sogenannten verästelten Spiralfasern der Schriftsteller.

26.

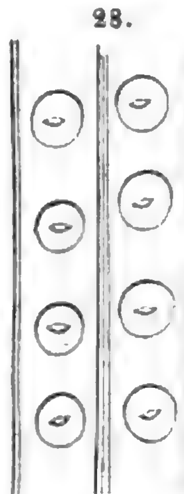


reihen im Gefässbündel der Monokotyledonen. In den allermeisten Fällen aber verwachsen die Windungen nur stellenweise und dazwischen bleiben kleine, als schmälere oder breitere Spalten erscheinende Strecken unverwachsen (25). Gar häufig werden dann auch die Ecken dieser Spalten abgerundet, indem sie durch eine später hinzukommende Substanz ausgefüllt werden und die ursprüngliche Spalte erscheint dann als ein rundliches Loch in der Verdickungsschicht (26). — Bei einigermaassen starken Verdickungsschichten zeigt sich hier dieses Loch im Querschnitt als ein engerer oder weiterer auf die ursprüngliche Zellenwand zulaufender Canal (26), welcher sich zuweilen nach aussen allmälig oder plötzlich (27) erweitert. Bei den Holzzellen der Coniferen, bei den porösen Röhren des Holzes, bei fast allen Röhren mit langen spaltenartigen Poren und sonst noch vielfach, zeigt sich von der Fläche gesehen der Porus mit einem doppelten Kreise gezeichnet, einem innern leicht als das eigentliche Loch in der Verdickungsschicht zu erkennenden und einem äussern weitern Kreise (28). Zuweilen zeigen sich selbst drei Kreise. Vergleichen wir diese in der Flächenansicht mit dem Querschnitte, so erklärt sich uns leicht diese Erscheinung (29). In der Gegend des Porencanals weichen nämlich die sonst fest aneinanderliegenden Zellenwände von einander und lassen einen linsenförmigen lufterfüllten Raum zwischen sich. Die Grenze dieses Luftraums erscheint von der Fläche gesehen als äusserster Kreis. Die beiden oder der eine innere Kreis gehört aber jedesmal dem Porencanal an; wie? ist aus der Fig. 29 ohne weitere Erklärung verständlich. Zur Erkennbarkeit des äussern Kreises trägt aber offenbar zweierlei bei, erstens sein weiterer Abstand von den Poren (30, *a*) indem er bei einer geringeren Differenz (30, *b* oben) von der Fläche gesehen mit den Poren zusammenfällt, und zweitens die Dicke der Luftlücke zwischen der Zellenwand, denn wenn dieselbe (wie 30, *c*) sehr flach wird, so können die denselben begrenzenden Flächen als fast parallel angenommen werden, der Umfang wird also gar nicht oder nur so allmälig und im geringen Grade verdunkelt erscheinen, dass er der Beobachtung sich entzieht. Stellt man diese Fälle im Querschnitt dargestellt (30) zusammen, so wird man zu der Vermuthung geführt, dass da, wo die querdurchschnittnen Zellenwände

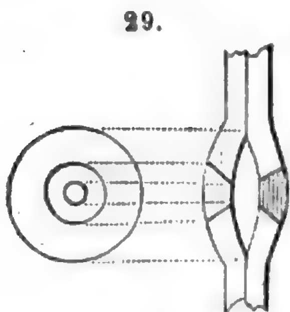
27.



28.



29.

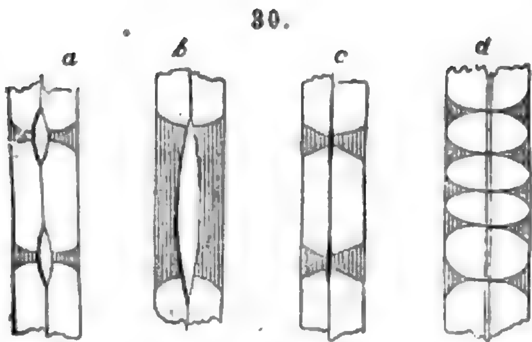


26. Poröse Zellen aus dem Blattstiel von *Hoja carnosa*, die eine Zelle ganz mit allen anliegenden Zellenwänden, die andere mitten durchschnitten.

27. Poröse Zellen aus dem Saameneiweiss einer von Drechslern jetzt häufig benutzten Nuss, sogen. Steinsaamen (*Phytelephas?*). Zierliche, oft verästelte Porencanäle, die nach Aussen stets plötzlich flach erweitert sind, durchsetzen die Verdickungsmasse, in der man aber keine Schichten erkennt.

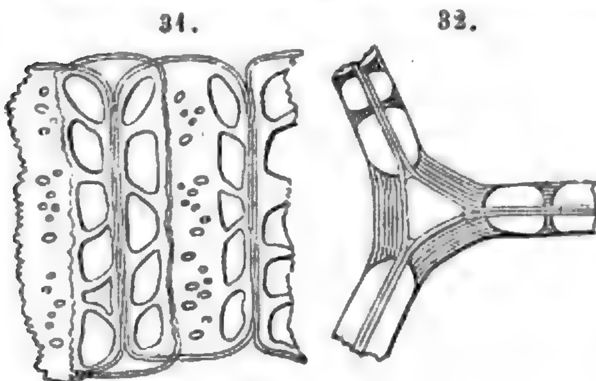
28. Stückchen von zwei porösen Holzzellen aus *Abies excelsa*. Spaltenförmige Poren mit einem grösseren Kreise umgeben.

29. Halbschematisch. Eine einzelne vollkommen ausgebildete Pore (aus den Holzzellen von *Schubertia disticha*), von der Fläche und im Querschnitt gesehen. Die punktirten Linien deuten an, welchen Verhältnissen und Formen im Querschnitt die einzelnen concentrischen Kreise entsprechen, die man auf der Flächenansicht erblickt.



nur die Porencanäle erkennen lassen und durch diese gleichsam rosenkranzförmig erscheinen (30, *d*), was bei gewöhnlichem porösen Zellgewebe gar häufig der Fall ist, sich die Luftlücken nur wegen ihrer Kleinheit und Flachheit der Beobachtung entziehen. Beobachten wir die Entwickelungsgeschichte der grossen und leicht erkennbaren porösen Röhren im Cambium von Weiden, Linden, Pappeln, Ahorn, so finden wir, dass das, was zu allererst an denselben wahrnehmbar wird, grosse dunkle Flecken sind, welche dem äussern Kreise, also der Luftlücke entsprechen; ein scharfer Querschnitt ist um diese Zeit nicht gut zu machen, aber mit dem optischen Verhalten der in organischen Substanzen eingeschlossenen Luft vertraut, erkennt man mit Sicherheit den dunkel begrenzten, innen hellen Fleck als eine Luftblase; um diese Zeit ist von dem Poren noch keine Spur vorhanden, dieser bildet sich vielmehr erst später allmälig aus.

Nehmen wir die vorgetragenen Thatsachen zusammen, so zeigen sie uns folgende allgemeine Gesichtspunkte: Die Luftlücke ist früher da als der Pore, deutlich zeigt sie sich bei einer grossen Anzahl poröser Gebilde, wir können sie fast bis an die äusserste Grenze der Brauchbarkeit unserer optischen Hülfsmittel verfolgen; eine natürliche Analogie lässt uns dieselbe vorläufig allgemein voraussetzen, und folglich auch ihr Auftreten vor dem Erscheinen des Poren. Nun ist aber Stoffwechsel und folglich Ernährung der Zellenmembran nur durch die Wechselwirkung zwischen zwei Zellen möglich und wo diese aufgehoben, unmöglich gemacht ist, wie hier durch die Luftblase, ist auch die Ernährung der Zellenwand unmöglich. So entsteht der Pore und der Porencanal als eine partielle Atrophie der Zellenwandung. Bei den allmäligen Uebergängen zwischen porösen Zellen durch die Netzfaserzellen in die reinen Spiralen würden wir dann zu dem Schlusse geführt, dass der Grund der Trennung der Verdickungsschichten in discrete Spiralen ebenfalls nicht in der Zelle selbst, sondern in ihrem Umfange zu suchen sein würde. Dies ist indess nur noch eine Ansicht, welche vielleicht dazu dienen kann, bei fernern Untersuchungen und bei Erklärung der Erscheinungen zu leiten. Ich bin weit entfernt davon, sie als ein Bildungsgesetz aussprechen zu wollen. — Zwei Einwürfe treten ihr zunächst noch entgegen; der erste ist die Bildung von Poren, die auf die Intercellulargänge ausmünden und nicht auf die benachbarten Zellen.



30. Halb schematisch. Erscheinungsweise der Poren im Querschnitte. *a* Poren klein im Verhältniss zu der Stelle, wo die anliegenden Zellenwände auseinander weichen. *b* Poren gross im Verhältniss zu dieser Stelle. *c* Das Auseinanderweichen der Zellenwände, so gering, dass es nur als ein (wegen der eingeschlossenen Luft) schwarzer Strich erscheint. *d* Das Auseinanderweichen ist nicht zu erkennen mit unsern Instrumenten, zwischen beiden Zellen scheint eine völlig homogene Lamelle zu verlaufen, an welcher die Porencanäle enden. — Zwei benachbarte Zellenwände erscheinen so häufig wie eine Perlenschnur.

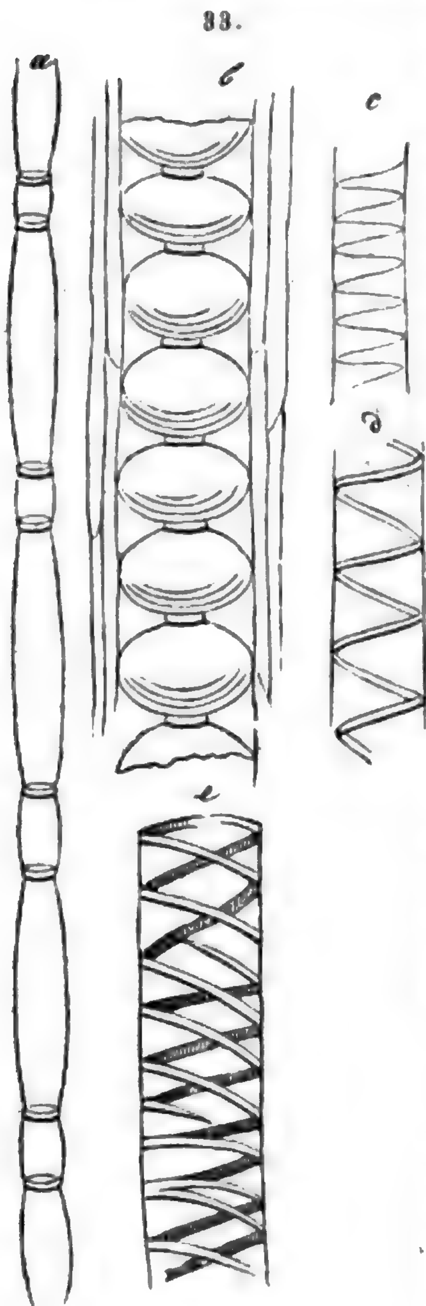
31. Poröse Zellen aus dem Blattstiel von *Cycas revoluta* (gestrecktes Parenchym). Kleine Poren befinden sich da, wo die Zellenwände aneinander stossen, sehr grosse Poren dagegen nach den grossen Intercellulargängen hin.

32. Querschnitt eines Intercellularganges mit den drei ihn bildenden Stücken der Zellenwände. Man sieht die grossen Poren (in den Verdickungsschichten), welche auf den Intercellulargang zulaufen, im Querschnitt, ebenso die kleinen in den aneinander liegenden Zellenwänden. Die Ecken des Intercellularganges sind noch durch eine eigne Substanz abgerundet.

Sehr schön zeigt sich dies im Parenchym des Blattstiels bei *Cycas revoluta.* Hier liesse sich indess am leichtesten der Einwand beseitigen, indem der lufterfüllte Intercellulargang dieselbe Wirkung äussern könnte, wie die Luftlücke. Auch finden wir gar häufig, dass eine grössere Luftlücke einem grossen spaltenförmigen Poren auf der einen Seite, mehreren kleineren Poren auf der andern Seite entspricht, was z. B. häufig in den porösen Röhren der Balsaminen vorkommt. Auf ähnliche Weise findet sich zwischen den porösen Markstrahlenzellen, bei den *Pinus*-arten gar oft eine längere Luftlücke, die den Poren in mehreren Zellen zugleich entspricht. Als anscheinend unauflösliches und mit der gegebenen Andeutung unvereinbares Räthsel bleiben aber noch die Poren stehen, welche in der Aussenwand der Oberhautzellen vorkommen, die wohl unter die vorige Kategorie fallen würden, wenn sie allgemein vorkämen, aber eben durch ihre Seltenheit (*Pinus*, *Cycas etc.*) zur Aufgabe für weitere Forschungen werden.

Schliesslich will ich noch auf Folgendes aufmerksam machen. Auch bei fast gänzlich mangelnder Ausdehnung der Zelle kann doch die Ablagerungsschicht in der Form zarter sich mit ihren Windungen zwar berührender aber nicht verwachsender Spiralfasern verharren. Dies sind die Bildungen, die *Meyen* zu seiner falschen Ansicht über die Zusammensetzung der Zellenmembran verführten. Diese Erscheinung kommt ausserordentlich oft vor, z. B. in dem Parenchym der Georginenknolle (Kupfertafel Fig. 23), in den Haaren auf den jungen Blättern von *Cycas revoluta*, in den Haaren vieler Mamillarien und Melocacten, der Knospenschuppen bei *Pinus sylvestris* u. s. w. Es muss also bei mangelnder Ausdehnung der Zelle offenbar noch ein Moment hinzutreten, damit die Spiralfasern spaltenartig zu Poren auseinander treten, wie das sich so schön an den Zellen der Wurzelhülle bei *Oncidium altissimum* zeigt (vergl. Kupfert. Fig. 24). Dieser Factor der Erscheinung bleibt mindestens eine interessante Aufgabe fernerer Forschung.

Individuelle Ausbildung der Spiralfiber und abnorme Formen. Jede Spiralfiber ist bei ihrem ersten Sichtbarwerden ein sehr feiner Faden, und wächst sowohl in der Dicke als auch Breite sehr bedeutend nach (33. *c*, *d*). Dies dauert so lange als die Zelle Säfte enthält; sobald diese absorbirt werden und sie anfängt Luft zu führen, hört wohl jede Fortbildung der Spiralfiber auf, die nicht auf blos passiver Entfernung der Windungen von einander beruht. In einigen Fällen bleibt ein Theil einer Spiralfaser so weit in der Ausbildung zurück, dass er gar nicht sichtbar wird, die deutliche Faser scheint dann mitten auf der Wand der Zelle mit einem zugespitzten Ende aufzuhören; solche Erscheinungen sind zuweilen abgebildet worden, ich fand sie z. B. sehr oft im Kürbis (33, *e*). In seltenen wie es scheint krankhaften Fällen tritt später wieder Flüssigkeit in die schon früh



33. *a* Ringfasergefäss aus dem Stengel von *Canna occidentalis*, mit sehr regelmässigem Abstand der Ringe. *b* Ringfasergefäss aus dem Blattstiel einer *Musa sapientum*, die Gefässzelle zwischen je 2 Ringen tonnenförmig angeschwollen. *c d* Spirale aus einem Cactus, ganz jung (eben sichtbar werdend) und völlig ausgebildet. *e* Spiralgefäss aus *Cucurbita pepo*, mit einzelnen, plötzlich spitz endenden Spiralfasern.

mit Luft erfüllten Zellen, es bilden sich dann in ihnen neue Zellen und es entstehen wunderlich anastomosirende Fäden, die gewöhnlich den Fugen der neu gebildeten Zellen folgen und oft das reine Spiralgefäss bis zum Unkenntlichen entstellen. Ich beobachtete dies oft in alten Scitamineen oder Commelineenstämmen, z. B. bei *Hedychium Gardnerianum*, *Tradescantia crassula*. Eine andere aber gesetzmässige Bildung anastomosirender Fasern zwischen benachbarten Windungen tritt häufig schon früh ein. Wenn man die grossen netzförmigen Gefässe der Balsamine aufmerksam betrachtet, so sieht man bald, dass sich ein Theil aller Netzfasern recht gut auf eine Spirale zurückführen lässt, diese zeigen alle eine leichte gelbliche Färbung, daneben giebt es aber andere kurze meist verticale Verbindungsäste, die sich sogleich durch ihre wasserhelle Farblosigkeit auszeichnen; verfolgt man sie, so sieht man, dass sie genau dem Verlauf der Fuge zwischen je zwei anliegenden Zellen entsprechen und gleichsam für diese Fuge eine Brücke bilden von einer Faser zur andern; diese gehören entschieden nicht der ursprünglichen Spiralbildung an. Ihr regelmässiges Auftreten bei porösen Gefässen mit langen Querspalten hat zu dem Namen der leiter- oder treppenförmigen Gefässe Veranlassung gegeben. Endlich zeigen die Ringfaserzellen noch einige auffallende Erscheinungen, wohin einmal das so häufige Vorkommen ganz regelmässiger Abstände zwischen je zwei Ringen zu rechnen ist; am auffallendsten beobachtete ich dies bei *Canna occidentalis*, wo regelmässig abwechselnd mit einem kürzeren Abstand ein etwa dreimal so langer vorkam (33, *a*). Endlich beobachtete ich im Blattstiel von *Musa paradisiaca* häufig Ringgefässzellen, wo zwischen je zwei Ringen die Zelle ganz auffallend tonnenförmig angeschwollen war, so dass die Ringe selbst mit den benachbarten Zellen in gar keine Berührung kamen (33, *b*).

Historisches und Kritisches. Die Spiralfibern wurden schon früh entdeckt von *Malpighi* und *Grew* oder vielleicht schon vor beiden von *Henshaw*. *Bernhardi** und *Moldenhauer*** wiesen die dazu gehörige Zellenmembran nach. Die Ringe entdeckte *Babel**** und *Bernhardi***** die sie umschliessende Membran. Die porösen Zellen entdeckte wohl *Leeuwenhoek*†, doch wurden sie erst von *Mirbel*†† allgemeiner gewürdigt; gegen ihn wurde, namentlich von Deutschland aus, ziemlich albern polemisirt, bis *Hugo Mohl*††† seine Beobachtungen völlig bestätigte und gleich darauf†††† die dazu gehörige Zellenmembran entdeckte. Dies sind die wesentlichen Fortschritte in dieser Lehre, alle übrigen haben nur einzelne Notizen über das häufigere Vorkommen der einen oder andern Modification vorgebracht. Besonders hat *Meyen**† mit grossem Fleisse einen reichen Schatz einzelner Thatsachen veröffentlicht. Dass für alle diese Bildungen die Spirale die Grundlage bilde, sprach allgemein zuerst *Valentin***† aus. Dass *Link****† noch jetzt Poren und Spalten für Stücke einer zerrissenen Spiralfaser ansieht, verdient keine Widerlegung, die jeder Blick durch ein gutes Mikroskop von selbst giebt. *Mohl* ist über die Ringgefässe sehr abweichender Meinung, er glaubt sie entständen immer oder doch oft ursprünglich. Schon oben habe ich angeführt, wie man sie als eine Spirale erklären kann, deren Steigung = 0 wird.

---

* Ueber Pflanzengefässe und eine neue Art derselben. Erfurt 1805, S. 29.

** Beiträge zur Pflanzenanatomie. Kiel 1822, S. 205.

*** Nach *Link, El. phil. bot. Ed. II. T.* 1, *p.* 169.

**** A. a. O. S. 27.

† *Opera omnia II.* Taf. 462, Fig. 20.

†† *Histoire nat. des plantes etc.* 1800. *I.* S. 57 und *Traité d'anatomie et de physiol. végét. Paris* 1802, *T.* 1. *p.* 57 *Table Fig.* 1—4.

††† Ueber den Bau der Ranken und Schlingpflanzen. Tüb. 1827.

†††† Ueber die Poren des Pflanzengewebes. Tüb. 1828.

*† Physiologie Bd. I. S. 12—117.

**† Repertorium Bd. I. S. 88.

***† *Elementa phil. bot. Ed. I. Tom. p.* 177.

Bis jetzt aber kann ich *Mohl's* Beobachtungen weder bestätigen noch widerlegen, und ich glaube ihm gern. Vielleicht entstehen die Ringe auf sehr verschiedene Weise. Schwer ist freilich bei früh entstandenen Bildungen der Art, also namentlich bei Ringgefässen, die Stellen zu unterscheiden, wo zwei Zellen aneinanderstossen; dass hier sich oft Ringe auf andere Weise bilden, ist schon erwähnt.

Eine ganz von der obigen abweichende Darstellung hat in neuerer Zeit *Hartig* gegeben, die kurz in Folgendem besteht. »Die ursprünglichen Zellenmembranen (*Ptychoden*) benachbarter Zellen verwachsen mit einander entweder in spiraligen Linien oder in spiralig angeordneten rundlichen Fleckchen oder längeren Streifen. Dann scheidet sich zwischen den benachbarten Zellenwänden, soweit sie nicht verwachsen sind, erst Luft aus und diese wird dann durch eine Substanz ersetzt, die allmälig die Zellenwände, soweit sie nicht verwachsen sind, von einander drängt, diese Substanz nennt *H. Astathe.* Die verwachsenen Stellen bilden dann den Boden der Porencanäle oder die Zwischenräume zwischen den Spiral- und Ringfasern. Endlich bildet sich meistentheils an der Grenze wo die von zwei benachbarten Zellen abgesonderten Astathen aneinanderstehen oder wo sie die Intercellulargänge begrenzen, eine immer einfache Haut (die Eustathe) durch welche beide Zellen aneinander befestigt werden.« So weit die Ansicht von *Hartig*; die Begründung betreffend muss ich bemerken, dass ich nur *Hartig's* Schrift, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen etc. Berlin 1843, kenne; in dieser theilt er keine wirkliche Beobachtung einer Entwickelungsgeschichte mit, noch beruft er sich auf eine vollständig anderweitig mitgetheilte Entwickelungsgeschichte. Er schliesst vielmehr aus den Beobachtungen an fertigen Gebilden und besonders aus den Erscheinungen, die sich an denselben nach Einwirkung von Jodine und Schwefelsäure zeigen, rückwärts. Das ist nun meiner Ansicht nach keine Induction, sondern eine Fiction und deshalb muss ich mich vorläufig dagegen erklären. Dieser Ansicht widersprechen auch, wie mir scheint, folgende Thatsachen.

1. Dass die Spiralen zweier aneinanderliegender Zellen so häufig homodrom sind, also da wo sie aneinander liegen sich kreuzen. Entstehen nun die Zwischenräume der Spiralbänder durch Verwachsung der Ptychoden zweier benachbarter Zellen, so müssen sich kreuzende Spiralen nothwendig unterbrochen sein, d. h. nicht aus continuirlichen Bändern oder Fasern, sondern nur aus kleinen in Spiralen stehenden Inseln bestehen, deren Zwischenräume immer grade die Breite des Zwischenraums zwischen den Windungen der benachbarten Faser zeigen. *Hartig* behauptet zwar dass dieser Einwurf ohne Bedeutung sei, offenbar weil es ihm an Klarheit der Anschauung mangelt, wie sie oft bei ihm hervortritt. So sagt er S. 10.: Worauf die spiralige Anordnung beruhe müsse der Forschung für die Zukunft überlassen bleiben und S. 12 rühmt er, durch seine Ansicht sei, was bisher keine Theorie vermocht, die spiralige Anordnung der Poren erklärt. S. 13 hält er meine Ansicht über die allmälige Entfernung der Windungen der Spiralfaser durch Ausdehnung der Zelle »aus dem einfachen Grunde« für widerlegt, weil weit und eng gewundne Spiralgefässe neben einander vorkommen, d. h. weil ein Mann und ein Kind beisammen stehen, kann das Kind nicht gross werden und der Mann nie ein Kind gewesen sein. Eben dieses Aneinanderliegen der Spiralen mit ungleich weiten Windungen, wobei so häufig die Windungen nicht aufeinander treffen, widerlegt ebenfalls *Hartig's* Entstehungsgeschichte der Spirale.

2. Der eigenthümliche Verlauf der Verdickungsschichten bei sehr dickwandigen Zellen (z. B. Kupfertafel Fig. 21. 22.), so wie die verästelten Porencanäle lassen sich nur durch äusserst künstliche Hülfshypothesen oder gar nicht aus *H's.* Ansicht erklären, die krummen und verästelten Porencanäle müssen *H.* völlig unbekannt geblieben sein, denn er rühmt S. 12. von seiner Ansicht auch, dass nur durch sie die bisher unerklärliche mit Verdickung der Astathe »regelmässig und gradlinig« vorschreitende Verlängerung des Porencanals erklärt sei.

3. Da das Verwachsen der Ptychoden zweier anliegender Zellen allein Veranlassung zur Bildung der Poren nach *H's.* Ansicht geben kann, so widersprechen ihr durchaus die nach der freien Fläche zu verlaufenden Porencanäle der Oberhautzellen z. B. bei Pinus etc. und die auf Intercellulargänge zulaufenden wie bei Cycas.

4. Ferner glaube ich bei sehr gelungenen Schnitten von Coniferen die Sache immer so gesehen zu haben, wie sie auf der Kupfertafel Fig. 17. dargestellt ist, so dass *H's.* Eustathe keineswegs ein homogener Kitt zwischen den Astathen der benachbarten Zellen, sondern als die ursprüngliche den Porencanal verschliessende Zellenmembran erscheint; doch ist hier Täuschung nur zu leicht.

5. Endlich ist mir da, wo ich die Querschnitte der Spiralfasern am deutlichsten gesehen zu haben glaube, derselbe immer so erschienen wie auf der Kupfertafel Fig. 18, 19, 20 dargestellt ist. Auch diese Beobachtung würde der *H.*'schen Ansicht widersprechen.

Alle diese Gründe bestimmen mich die frühere Induction für die begründetere, die daraus abgeleitete Hypothese für die einfachere und daher annehmlichere zu halten, ohne deshalb jetzt schon leugnen zu wollen, dass sich *Hartig's* Ansicht später nicht vielleicht für einzelne Fälle begründen lassen möchte; aber zur Zeit noch ist sie blosse Fiction.

Die ganze Ansicht *Hartig's* ist übrigens noch auf die gewohnte gründliche Weise von *Hugo von Mohl** widerlegt worden und wird wohl kaum in der Wissenschaft weiter davon die Rede sein. Bei weitem gründlichere Einwendungen gegen die *Mohl*'sche Ansicht von der allmäligen Entwicklung der Zellenwand machte *Harting*** und mit ihm zum Theil *Mulder**** theils vom anatomischen, theils vom chemischen Standpunkte aus. *Hugo von Mohl***** widerlegte die von Beiden ausgesprochenen Ansichten und ebenso wies er die spätere Vertheidigung *Harting's* † in einem eigenen Aufsatze †† zurück.

Harting führte an, die ursprüngliche noch unverdickte Zellenmembran sei durchlöchert und zeige auch im jüngsten Zustande, mit Jod und Schwefelsäure behandelt, eine grosse Anzahl weisser wasserheller Poren, die zum grössten Theil später durch die Ablagerungsschichten auf die äussere Fläche der Zellenwand verschlossen würden. — Dagegen erwiederte *Mohl*, dass diese schon früher von mir gesehenen und beschriebenen Poren ††† keine durchgehenden Löcher sondern aussen durch eine zarte Membran, die ursprüngliche Zellenmembran, verschlossen seien, welche Membran auch ebenfalls eine blaue wenn auch schwache Färbung annehme. *Mohl* erwähnte nicht, was mir häufig bei feinen Querschnitten aufgefallen ist, z. B. am Parenchym des Kohlstrunkes, am Eiweisskörper der *Tagua*nuss und so weiter, dass zwischen den Zellen sich ein schmaler Streifen einer Substanz hinzieht, welche fast ganz ungefärbt bleibt, während die Zellenmembran durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau wird. Wo der Schnitt gelungen war sah ich diese Substanz jedesmal durch eine zarte Linie in zwei Theile (die ursprünglichen Häute der beiden aneinander liegenden Zellen) getrennt. — Ferner leitete *Harting* aus mikrometrischen Messungen den Schluss ab,

* *Hugo von Mohl*, einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle (in Botanische Zeitung 1844 S. 273 ff.).

** *Harting, microchemische Onderzoekingen over den aard en de ontwikkeling van den plantaardigen celwand medegedeelt door Harting* (*in Scheikondige Onderzoekingen* im Auszuge von *H. v. Mohl* in Botanische Zeitung 1846 S. 64.).

*** *Mulder*, Versuch einer physiologischen Chemie übersetzt von *Moleschott* Liefg. 4 u. 5.

**** *Hugo von Mohl*, Ueber das Wachsthum der Zellenmembran (in Botanische Zeitung 1846 S. 337 ff.).

† *Harting*, Brief an *Hugo von Mohl* etc. (in Botanische Zeitung 1847 S. 337 ff.).

†† *Hugo von Mohl*, Untersuchung der Frage: Bildet die Cellulose die Grundlage sämmtlicher vegetabilischer Membranen? (In Botanische Zeitung 1847 S. 497.)

††† *Wiegmann's* Archiv 1838 Bd. I, S. 49 ff. (Botanische Beiträge Bd. I, S. 16.)

dass sich das Lumen der Zelle bei ihren Verdickungen nicht verkleinere, also die Verdickungsschichten aussen aufgelagert sein müssten. — Auch diese Einwendung ist von *H. v. Mohl* gestützt auf äusserst genaue Messungen und scharfsinnige Schlüsse widerlegt worden. — Der dritte Punkt betrifft die chemischen Verhältnisse. Es sind folgende: Die ganze Wand der jungen Zelle reagirt rein auf Zellstoff, da sie mit Jod und Schwefelsäure behandelt in ihrer ganzen Dicke blau wird. Die älteren Zellen zeigen verschiedene Schichten. Die äusserste besteht aus einem völlig in Schwefelsäure unlöslichen Stoffe. Diese Membran ist daher auf die ursprüngliche Zellstoffschicht nach Aussen abgelagert, und sie verschliesst die ursprünglichen Poren nach Aussen. Die übrigen Schichten färben sich um so weniger blau um so mehr grün oder gelb je weiter sie nach Aussen liegen, davon leitet *Mulder* entweder ein Verschwinden des Zellstoffs und Ersatz durch die neue Substanz oder eine Ablagerung der neuen Schichten immer nach Aussen von der frühern ab. *Harting* dagegen findet darin einen Beweis dass der ursprünglich reine Zellstoff später mit einer incrustirenden (Proteinhaltigen) Substanz getränkt werde, die sich besonders in den äussern Theilen anhäufe. — Dagegen weist *Hugo von Mohl* nach, dass einmal die aus dem chemischen Verhalten gezogenen Schlüsse nicht concludend sind und zweitens, dass alle Membranen an der ganzen Pflanze, alle sogenannte Intercellularsubstanz und die Absonderungsschicht der Oberhaut, ihrer Grundlage nach aus Zellstoff bestehen und nur durch das allmälige, mehrere oder mindere Getränktwerden durch eine eindringende fremde Substanz zu einer andern Reaction auf Jod und Schwefelsäure gebracht werden; — dass man aber diese eingedrungene Substanz durch Einwirkung von kaustischem Kali bei allen die äussere Bedeckung der Pflanzen bildenden Theilen z. B. bei der Absonderungsschicht der Oberhaut, bei dem Kork und der Borke oder durch Kochen in Salpetersäure bei den inneren stark verdickten Elementen der Pflanze z. B. bei Mark-, Holz- und Bastzellen entfernen kann; — hiervon macht nur eine ganz zarte Lamelle auf der Absonderungsschicht der Oberhaut eine Ausnahme, sie wird unter allen Umständen nur gelb gefärbt und deshalb wünscht *Mohl* den Ausdruck *cuticula* ausschliesslich auf diese Lamelle anzuwenden.

Schliesslich will ich nur noch bemerken, dass ich mich nach meinen eigenen Untersuchungen diesen von *Mohl* gewonnenen Resultaten in jeder Beziehung anschliessen muss.

Die Nomenclatur der hierher gehörigen Formen ist dadurch, dass alle einzelnen Modificationen; wie sie gesehen wurden, mit besonderen Namen belegt sind, bis ins Ungeheure angewachsen: ich glaube, sie kann bis auf die beiden im Paragraphen erwähnten Ausdrücke völlig entbehrt werden. Ich übergehe sie hier grösstentheils. Wer die Schriften Anderer liest, findet dort auch die Erklärung ihrer Kunstwörter.

§. 19.

In der Regel bildet die Ablagerung einer neuen Schicht auf der ganzen Wand der Zelle dieselben Formen, doch kommen auch Fälle vor, wo sich an der einen Seite der Wand die Spiralfasern zu einer homogenen Membran verbinden, während sie an andern Stellen zu Poren spaltenartig auseinandertreten (hierher gehören namentlich die sogenannten porösen Gefässe des Holzes), oder dass sie in einem Theil der Zelle zu Ringen umgewandelt werden, während sie in andern Theilen spiralig, netzförmig, oder gar porös bleiben, was öfter vorkommt.

Auf diesen Punkt ist früher viel zu wenig Rücksicht genommen worden und man kannte in dieser Beziehung fast nur die letzte Modification *Mirbel's** sogenannte *tubes*

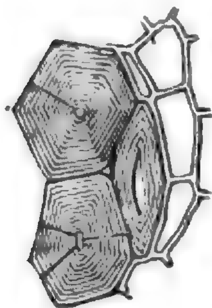
* *Traité d'anatomie et de physiol. végét. T. I. p.* 68.

mixtes. In neuerer Zeit haben sich die Beispiele gehäuft. Es gehören fast alle sogenannten porösen Gefässe unserer Dikotyledonen-Holzarten hierher, die in der Weise wie man sie in den Handbüchern beschrieben findet, als von einer ganz porösen Membran gebildete Röhren, fast gar nicht existiren. Diese sogenannten Gefässe sind meist nur so weit porös, als sie sich unter einander berühren; da wo sie an die Holzzellen anstossen, sind ihre Wände fast ganz homogen und zeigen kaum eine Spur von Poren. Freilich musste dieser Irrthum bei der rohen Methode, die Anatomie nur mit Längs- und Querschnitten zu treiben, lange geltend bleiben, indess auch so hätte man mit Aufmerksamkeit der Sache auf die Spur kommen können, die sich sogleich klar zeigt, wenn man durch Maceration in Salpetersäure einzelne Gefässzellen isolirt. Da, wo diese Gefässe in einfachen radialen Reihen und niemals oder doch selten seitlich aneinanderliegen, sieht man auf einem tangentialen Schnitte zwar lauter poröse Wände, aber niemals oder äusserst selten auf einem radialen Längsschnitte. Ganz dasselbe findet sich auch bei den Coniferen, wo sich die Poren überwiegend häufig (nicht ausschliesslich, wie es bei flüchtiger Untersuchung scheint) nach der Seite der Markstrahlen zeigen, oder bei *Hibbertia volubilis*, wo sie umgekehrt nur nach Mark und Rinde, selten nach der Seite der Markstrahlen zu erscheinen, so dass die beiden andern Viertheile der Zellenwand in den genannten Fällen homogen sich ausbilden. Auch gehören hierher die meisten Faserzellen in der Wand der Porenbehälter bei Lebermoosen und der Staubbeutel bei den Geschlechtspflanzen. Hier laufen die Fasern meist an einer Seite der Wandung in eine ganz homogene Platte zusammen.

§. 20.

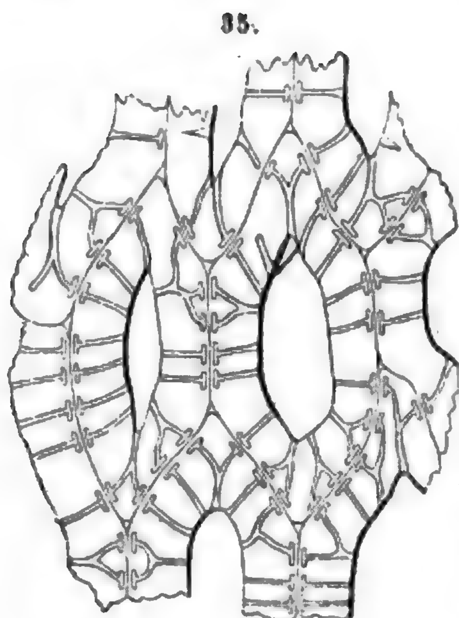
Der Process der schichtenweisen Ablagerung wiederholt sich öfter im Leben der Zelle. *a.* In der Regel lagert sich dann jede folgende Schicht auf die vorhergehende genau so ab, wie diese in dem Augenblick der Ablagerung ist, also Ring auf Ring, Spirale auf Spirale, poröse Schicht auf poröse Schicht. *b.* In einigen seltneren Fällen richtet sich aber die Ablagerung nach dem Zustande der Zelle, so dass, wenn sich durch Ausdehnung eine weitgewundene Faserzelle gebildet hat, nun der vollendeten Ausdehnung der Zelle gemäss eine poröse Schicht entsteht. Gewöhnlich ist auch die Richtung der Spirale in der folgenden Schicht dieselbe wie in der vorhergehenden, doch scheint es auch vorzukommen, dass sich Schichten, in denen die Spiralen entgegengesetzt gewunden sind, einander folgen.

Ganz gewöhnlich ist der erste Fall, und man findet Ringe, die so sehr verdickt sind, dass sie nur ein kleines Loch in der Mitte behalten; da sie nicht gleichzeitig in der Breite zunehmen, so erscheinen sie im ausgebildeten Zustand als ziemlich dünne durchbohrte Scheiben (z. B. in den Cacteen, *Opuntia cylindrica*, *Melocactus*, *Mamillaria*). Besonders häufig zeigt sich dieser Vorgang bei den porösen Zellen und geht hier so weit, dass oft das Lumen der Zelle auf eine kaum noch sichtbare Röhre reducirt wird. Meistens erkennt man hier auf der Schnittfläche die einzelnen Schichten ganz deutlich, solche Zellen kommen in unzähligen Pflanzen vor. Die Poren der Verdickungsschichten werden dabei nach und nach zu Canälen (34). Häufig nähern sich auch solche Canäle allmälig einander, fliessen zuletzt in einen zusammen, von denen oft zwei oder mehrere wieder zusammentreten, so dass die innern Schichten viel



34. Querschnitt dreier Bastfasern und einiger Parenchymzellen aus der *China regia*. Die Bastzellen zeigen sehr schön die schichtenweise Verdickung und die zarten Porencanäle.

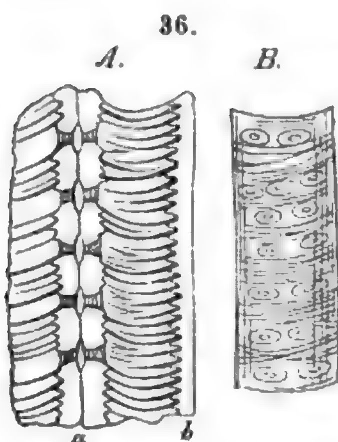
35.



weniger Poren zeigen als die äussersten (35). Man vergleiche hier die äusserst zierlichen Bildungen in den sogenannten Steinen der Winterbirnen und Quitten, in der Rinde des Blattstiels und Stengels von *Hoja cornosa*, in der des Stengels von *Fraxinus excelsior* (Kupfertafel Fig. 22), im Fruchtknotenträger von Magnolia (Kupfertafel Fig. 21) u. s. w. Man nennt dies mit einem eigentlich unrichtig von entgegengesetzter Anschauungsweise ausgehenden Ausdrucke, verästelte Porencanäle. *Mohl** hat zuerst diesen Process der schichtenweisen Verdickung der Zellenmembran entdeckt und an vielen Beispielen erläutert, und dadurch eins der wichtigsten Verhältnisse im Leben der Pflanzenzelle aufgeklärt.

Einige Bildungen der zweiten Art kannte man schon länger, z. B. aus dem Taxusholze, wo entfernte Spiralfasern und Ringe vorkommen, zwischen deren Windungen sich grosse Poren befinden. In neuerer Zeit sind viele ähnliche Bildungen entdeckt, so bei der Linde, beim Weinstock, bei *Prunus padus*, bei *Helleborus foetidus* (36) u. s. w. Ueber die Bildung derselben ist im Ganzen noch wenig bekannt. Bei der Linde findet man im Frühjahr vor der Ausbildung des Jahresringes im Cambium dicht gewundne Spiralzellen; bei der allmäligen Entwicklung dehnen diese sich aus, die Windungen treten auseinander und nun bilden sich zwischen ihnen die Poren, also ist hier die poröse Schicht bestimmt die letztgebildete. Wie es in andern Fällen sich verhält ist noch zu untersuchen.

36.



Bei den mit zarten Spiralstreifen bezeichneten Bastzellen der Asclepiadeen und Apocyneen, bei dem zart spiralig gestreiften Zellgewebe überhaupt findet sich nicht selten eine doppelte Zeichnung sich kreuzender gleich feiner Fasern. Häufig mag dies von dem Aneinanderliegen der Wände benachbarter Zellen, oder von dem Durchscheinen der entgegengesetzten Wand derselben Zelle herrühren; häufig aber und so insbesondere bei den genannten Bastzellen lässt sich aber auch bestimmt nachweisen, dass die sich kreuzende Streifung derselben Zellenwand angehört (vergl. Kupfertafel Fig. 23). *Mohl* ist geneigt, hier eine eigenthümliche Art der Anordnung der kleinsten Theile anzunehmen. Mir scheint es zunächst einfacher zu sein, die Uebereinanderlagerung zweier zarter Schichten vorauszusetzen, von denen die eine aus Windungen im entgegengesetzten Sinne als die andere besteht. Auch hier können nur Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte entscheiden.

35. Poröse Zellen aus dem Saameneiweiss einer von Drechslern jetzt häufig benutzten Nuss, sogen. Steinsaamen (*Phytelephas?*). Zierliche, oft verästeltete Porencanäle, die nach Aussen stets plötzlich flach erweitert sind, durchsetzen die Verdickungsmasse, in der man aber keine Schichten erkennt.

36. Gefässzellen mit Poren und Fasern zugleich aus dem Holze von *Helleborus foetidus*. *A* der Länge nach aufgeschnitten. *a* Zwei zusammenstossende Gefässzellenwände mit den durchschnittenen Poren und den Vorsprüngen, welche den Fasern entsprechen. *b* Die Wand des Gefässes, welche an Holzzellen grenzt, ohne Poren nur mit Vorsprüngen den Fasern entprechend. *B* Eine solche Gefässzelle von Aussen gesehen.

---

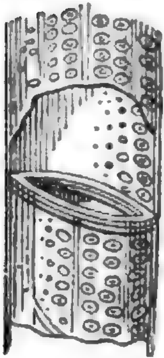
* In seinem Buche über den Bau des Palmenstammes und anderswo. Noch neuerdings hat er seine Theorie ausführlich gegen die *Hartig*'schen Ansichten vertheidigt (Botanische Zeitung 1844 Stück 15—19). Siehe oben §. 18 am Schluss.

§. 21.

In gar vielen Zellen werden die von den Ablagerungen frei gebliebenen Stellen der ursprünglichen Zellenwand verflüssigt und resorbirt. Es entstehen auf diese Weise wirklich Löcher in der Membran. Hierauf beruht namentlich der ganze Unterschied zwischen Zellen und sogenannten Gefässen, indem die letzteren nur Zellenreihen sind, deren Höhlungen auf diese Weise in Verbindung gesetzt werden.

Die Beobachtungen häufen sich täglich über solche wirkliche Löcher in der Membran und auch hier ist wohl *Hugo Mohl* der Erste, der diese wirklichen Löcher entdeckte und sie bestimmt von den Poren unterschied. Zwar kannte man schon früher die freie Communication zwischen den Gefässzellen, aber man sah sie als ursprünglich continuirliche Röhren an und hatte oft die wunderlichsten Ansichten, weil man versäumte, ihre Entwickelungsgeschichte zu studiren. Alle Gefässe entstehen aus verticalen Reihen von völlig geschlossenen Zellen, in denen sich allmälig die verschiedenen Formen der Verdickungsschichten bilden, nach denen sie benannt werden. Erst wenn diese Verdickungsschichten ziemlich vollständig gebildet sind, wozu eben auch eigenthümliche poröse Bildungen auf den horizontalen Scheidewänden gehören, tritt der Process ein, wodurch die primäre Zellenmembran, welche die Poren auf diesen Scheidewänden bis dahin noch verschliesst, resorbirt wird, so dass dann die einzelnen Zellen in offene Communication treten; gewöhnlich bei ganz horizontalen oder nur wenig geneigten Scheidewänden ist hier nur ein Loch (37), gleichsam ein grosser Porus vorhanden.

37.



Solche Löcher kommen ganz entschieden vor bei den Moosen in der Gruppe der Leucophaneen (*Hampe*), namentlich bei *Sphagnum*, in den Parenchymzellen der Cycadeen im Alter, an den genannten Gefässzellen, zuweilen an den porösen Zellen der Coniferen da, wo sie an die Markstrahlenzellen anstossen, an den grünwandigen Zellen in der Wurzelhülle bei *Aerides odorata* u. s. w.

Zweiter Abschnitt.

Von den Zellen im Zusammenhang und den durch dieselben gebildeten Räumen.

§. 22.

Die einzelnen auf die angegebene Weise entstandenen Formen der Zelle gruppiren sich nun auf mannigfache Weise zu grösseren Massen (sogenannten Geweben, *tela*, *contextus*) zusammen, die man nach ihrer verschiedenen Zusammensetzung aus verschiedenen oder gleichen Elementartheilen nach folgender Uebersicht zusammenstellen kann.

Ich unterscheide hier nach der blossen äusseren Form und nicht nach der verschiedenen Configuration der Wände, denn die letztere ist ein allgemeiner Lebensprocess der Pflanzenzelle und kann in jeder Weise mit jeder Zellenform vereinigt vorkommen. Auch wäre es gar nicht schwer, aber eine unnütze Weitläufigkeit, fast für jede denkbare Combination Beispiele aufzuführen.

37. Poröse Gefässzellen aus *Arundo donax*, der Schnitt hat einen Theil der Vorderwand weggenommen und man sieht die durch das Aneinanderstossen zweier Zellen gebildete Querscheidewand von einem grossen Loch durchbrochen.

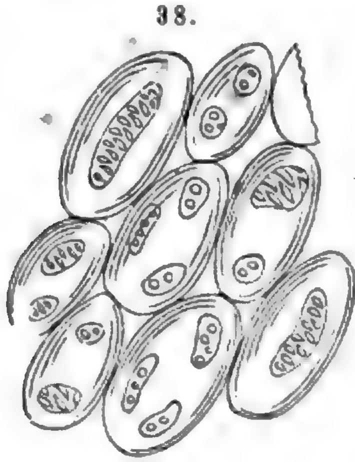
§. 23.

A. Parenchym (*Parenchyma*). Die Hauptmasse der Pflanze und ihrer Theile. Dieses ist:

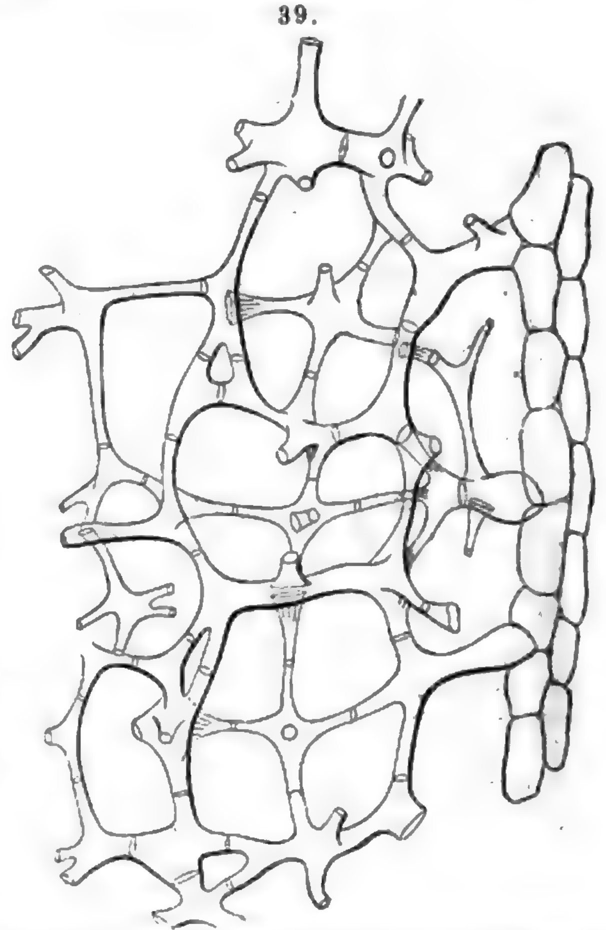
a. Unvollkommenes Parenchym (*P. incompletum*), wenn die Berührung der einzelnen Zellen untereinander höchst unvollständig ist. Man unterscheidet:

1. Rundliches Parenchym (*P. sphaericum, s. ellipticum*), aus rundlichen oder elliptischen (38) Zellen bestehend, bei saftigen Pflanzen vorherrschend.

38.



39.

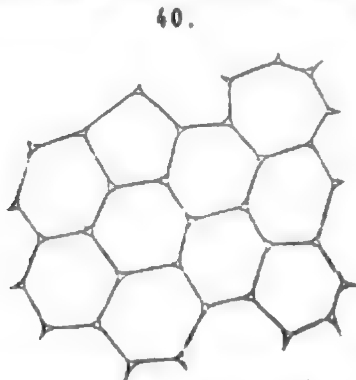


2. Schwammförmiges Parenchym (*P. spongiaeforme*), Zellen, die nach allen Seiten, aber ungleichförmig ausgedehnt sind und sich dann nur mit den Enden der Strahlen berühren (39); als Füllmasse in den Lufthöhlen, fast Alles schnell austrocknende Gewebe, auch die untere Hälfte des Parenchyms der meisten Blätter.

b. Vollkommenes Parenchym (*P. completum*), wenn die Berührung der Zellen unter einander möglichst vollkommen ist.

1. Regelmässiges Parenchym (*P. regulare s. dodecaedrotum*), fast lauter polyedrische Zellen ohne Vorherrschen einer bestimmten Dimension (40, 41); findet sich besonders im Mark der Pflanzen.

40.



41.



38. Unvollkommenes elliptisches Parenchym aus dem liegenden flachen Blatte von *Acrostichum alcicorne.* Die Berührungsflächen der einzelnen Zellen und nur diese sind porös.

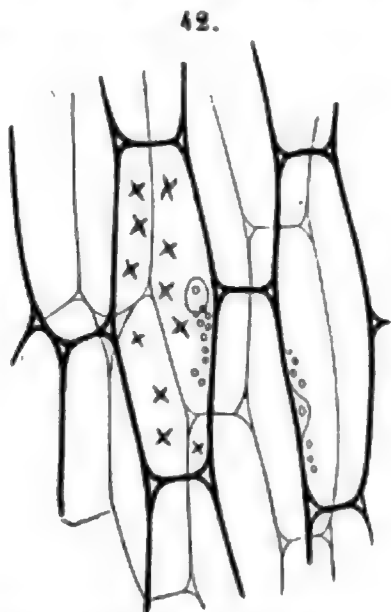
39. Schwammförmiges Parenchym aus einem noch nicht völlig ausgebildeten Luftgange von *Canna occidentalis*, rechts sind zwei Zellenreihen, welche dem begrenzenden Parenchym des Luftganges angehören.

40. Regelmässiges Parenchym aus dem Stengel von *Balsamina hortensis* im Querschnitt.

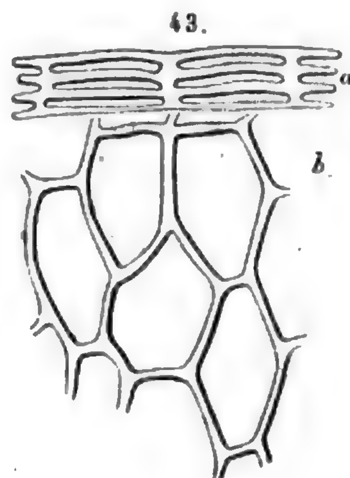
41. Dasselbe in Längeschnitt.

2. Langgestrecktes Parenchym (*P. longitudinale*, *cylindricum*, *prismaticum etc.*) (42); bei sehr rasch wachsenden Pflanzen, zumal im Mark vieler Monokotyledonen, in dem Innern der Tangarten.

42.



43.



3. Tafelförmiges Parenchym (*P. tabulatum*), meist viereckige tafelförmige Zellen (43); in der äussern Rinde, besonders aber in Kork und Borke.

Ich habe im Paragraphen natürlich nur Beispiele angeführt und keineswegs ein erschöpfendes Verzeichniss des Vorkommens geben wollen, welches bei der geringen Zahl der Gewächse, die bis jetzt anatomisch untersucht sind, auch völlig unthunlich wäre; auch in den folgenden Paragraphen muss ich mich auf solche Beispiele beschränken. Hier will ich nur noch bemerken, dass die genannten Arten sämmtlich nach der äussern Form bestimmt sind und dass alle auch mit den verschiedenen Modificationen der Wände vorkommen können. Ja ich glaube behaupten zu dürfen, dass in einer phanerogamen Pflanze keine grössere Parenchymmasse vorkommt, die nicht im Alter wenigstens eine Form der Verdickungsschichten, nämlich die poröse, deutlich zeigte. Nicht immer aber sind alle Zellen einer Parenchymmasse gleichförmig verändert und es kommen oft zwischen sehr dünnwandigen Zellen einzelne mit deutlichen Spiral- oder Netzfasern, oder auch einzelne Zellen oder Zellengruppen mit ausserordentlich dicken Wänden vor, z. B. die sogenannten steinigen Concretionen in den Winterbirnen sind sehr dickwandige poröse Parenchymzellen, ähnliches in der Rinde und dem Mark von *Hoja carnosa*, in der Rinde sogenannter Luftwurzeln tropischer Orchideen und sonst in unzähligen Fällen.

Das sphärische Parenchym hat natürlich rundliche Berührungsflächen, um welche gewöhnlich der in den Zwischenräumen vorhandene Saft beim Austrocknen kleine etwas erhabene Ringe bildet, die den Zellen ein eigenthümliches Aussehen geben, zumal da sie bei weitem häufiger von einander gerissen, als durchschnitten werden. Man sieht diese Erscheinung überall, wo dies Zellgewebe vorkommt, am schönsten in den saftigen Blättern tropischer Orchideen, z. B. der Oncidienarten.

Die vorstehende Eintheilung des Parenchyms halte ich für zweckmässig, aber auch

42. Gestrecktes Parenchym aus dem Stengel von *Vicia faba*. In der mittleren Zelle sind die Porenspalten mit gezeichnet, innerhalb der Begrenzung derselben erkennt man einen Cytoblasten, ob er der porösen Zelle selbst oder einer darunter liegenden angehört, war nicht zu unterscheiden; daneben finden sich noch einige kleine Körnchen (Stärke). Die Zelle am weitesten nach Rechts zeigt einen Cytoblasten von der Seite gesehen und einige Stärkekörnchen.

43. Tafelförmiges Parenchym aus der Rinde von *Quercus suber*, *a* im Quer- und Längsschnitt, *b* von der Fläche gesehen.

für genügend. — *Meyen** scheint mir zu viel, *Treviranus*** zu wenig zu unterscheiden.

§. 24.

B. Intercellularsystem. Die Berührung der Zellen in der Pflanze ist selten oder nie ganz vollständig, sie lassen mannigfache Lücken, die folgende wichtige Verschiedenheiten zeigen.

a. Ursprüngliche, blos durch das nicht vollkommene Zusammenschliessen der Zellen gebildete Lücken.

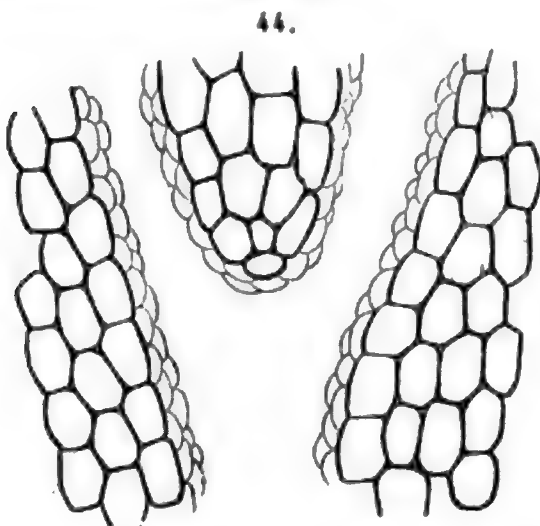
1. Intercellulargänge (*meatus intercellulares*), enge meist dreieckige, um alle Zellen herumlaufende Canäle, fast überall, wenigstens in jedem Parenchym.

2. Intercellularräume (*interstitia intercellularia*), grössere unregelmässige Räume zwischen den Zellen, besonders im schwammförmigen Zellgewebe.

b. Später entstandene Lücken.

1. Behälter eigenthümlicher Säfte (*conceptacula succi proprii*). Durch Erguss der Säfte aus den benachbarten Zellen, aus Intercellulargängen entstanden. Man kann zweierlei unterscheiden:

α. Von ziemlich derben, dicht aneinander geschlossenen wahrscheinlich nicht absondernden Zellen flach begrenzt, z. B. Harzgänge der Coniferen in der Rinde (?), einzelne Gummigänge.



β. Von zartwandigen lockeren, blasig in die Höhle hineinragenden, wahrscheinlich absondernden Zellen begrenzt, die meisten Behälter eigner Säfte, z. B. die Milchsaftgänge der *Mamillaria-* und *Rhus*-arten, die Gummigänge der Cycadeen (44), die Harzgänge im Holze der Coniferen.

2. Luftbehälter, die durch Zerstörung einer Parenchymmasse entstanden sind. Diese sind wieder:

α. Luftgänge (*canales aëreae*). Hier verwandelt sich eine bestimmte Portion Parenchym erst in schwammförmiges Zellgewebe, wird dann zerrissen und resorbirt, die Wände dieser Gänge sind aber völlig glatt und die Höhlung ist in bestimmten Zwischenräumen durch eine Schicht stehenbleibender Zellen in Sternform, wie durch Scheidewände unterbrochen, z. B. in *Canna*, *Nymphaea etc.*

β. Luftlücken (*lacunae aëreae*). Hier zerreisst unordentlich durch Ausdehnung des Pflanzentheils eine Portion Parenchym. Die Wände bleiben rauh mit den Resten der zerrissenen Zellen besetzt, z. B. die hohlen Stengel der Gräser, Umbellaten, Compositen u. s. w.

44. Das Zusammenmünden zweier Dextringänge in dem Blattstiel von *Cycas revoluta* im Längsschnitt. Das derbere Parenchym ist nach den Gängen zu mit sehr zartwandigen blasig in die Höhle hineinragenden Zellen ausgekleidet.

---

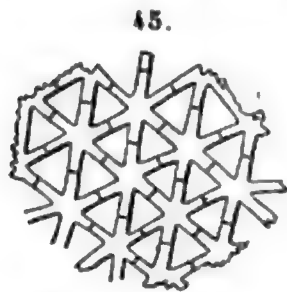
* Phytonomie. Berlin 1830. S. 57 ff.

** Physiologie. Bonn 1835, Bd. I. S. 29 ff.

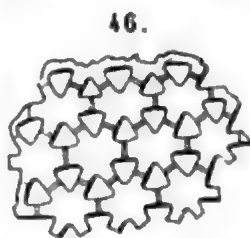
Die Intercellulargänge sind lange bekannt gewesen, selten gehörig gewürdigt, man hat oft zu viel, oft zu wenig Werth auf sie gelegt. Sie bilden fast in jedem Parenchyma ein eigenthümliches zusammenhängendes System von Canälen, sie stehen mit den Intercellularräumen in Communication und eben so mit den Luftcanälen, obwohl das häufig geläugnet wird. Im grössten Theil eines Luftcanals sind die denselben begrenzenden Zellen fest aneinander geschlossen und zeigen keine Intercellulargänge, wohl aber in der Nähe und meistentheils unmittelbar über einer Scheidewand. Die grösseren Luftcanäle entstehen gewiss immer auf die angegebene Weise, wie bei *Canna* und *Nymphaea* leicht zu beobachten, die kleineren sind allerdings wohl nur erweiterte Intercellulargänge, was die meisten Schriftsteller unrichtig auch auf die grössern übertragen haben.

Die Scheidewände der Luftcanäle sind anfangs immer gewöhnliches rundliches Parenchym, erst allmälig werden die Zellen platt und die Strahlen treten an den Berührungsflächen der benachbarten Zellen hervor. Man kann zwei Formen unterscheiden. Die eine, wo die Zellen flach rundlich und alle fast regelmässig sechs gleich lange Strahlen haben, so dass alle Intercellulargänge regelmässig dreieckig sind. Die Strahlen sind bald länger (45), bald kürzer (46).

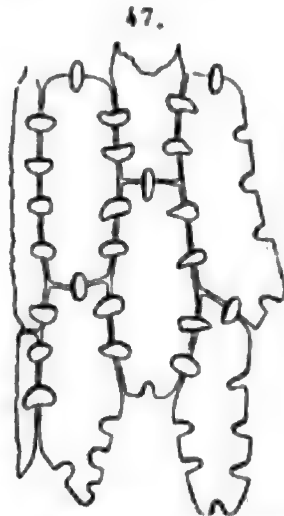
45.



46.



47.



Die andere (47), wobei die flachen länglichen Zellen gleichsam am ganzen Rande Ausschnitte haben. Aehnliches kommt nicht selten auch im tafelförmigen Parenchym, welches in concentrischen Schichten geordnet ist, z. B. in der Rinde vor.

Bei den Milchsaftgefässen hat man bisher ziemlich in Bausch und Bogen gesprochen, gleichwohl sind sie sehr verschieden. Bei den im Paragraph genannten Pflanzen, die doch einen entschiedenen Milchsaft haben, ist an eine eigne Haut gar nicht zu denken. Auch ist auf den angegebenen Unterschied in dem Bau der Wände aller Behälter eigenthümlicher Säfte nicht genug geachtet, wahrscheinlich kann man hier absondernde und blos aufbewahrende unterscheiden. Doch sind hier noch viele Untersuchungen zu machen. Ich kann hier aus Mangel an Material nur andeuten. Dass die Harzgänge in der Rinde und dem Holze der Coniferen in der Jugend eigne Wände haben, wie *Link** behauptet, muss ich bestimmt in Abrede stellen.

45. Sternförmiges Zellgewebe aus einer Scheidewand in den Luftgängen des Blattstiels von *Aponogeton distachyon*. Die dreieckigen Intercellulargänge sind sehr gross, die Strahlen der Zellen verhältnissmässig lang.

46. Sternförmiges Zellgewebe aus einer Scheidewand in den Luftgängen des Blattstiels von *Aponogeton distachyon*. Die dreieckigen etwas abgerundeten Intercellulargänge sind ziemlich klein, die Strahlen der Zellen verhältnissmässig kurz, die Zellenwände zwischen zwei Strahlen etwas verdickt.

47. Sternförmiges Zellgewebe von einer Scheidewand in den Luftgängen der Blätter von *Pilularia globulifera*. Die Zellen sind etwas lang gestreckt mit vielen, aber kurzen und breiten Strahlen, die aneinanderstossenden Wände etwas verdickt, die Intercellulargänge unregelmässig rundlich.

*) *Elem. phil. bot. Ed. II. T. I. p.* 201.

§. 25.

C. Gefässe (*Vasa, Tracheae auct. veter.*). Wenn eine Reihe meist langgestreckter Parenchymzellen durch Resorption der ihre Höhle trennenden Wände in offne Communication tritt, so nennt man eine solche Reihe mit einem höchst übel gewählten Ausdruck Gefäss und unterscheidet sie nach der Modification der Zellenwand mit den oben bei den Zellen angeführten Namen, als *vasa spiralia*, *annulata*, *porosa etc.*

Die ganze Lehre von den sogenannten Gefässen ist durch die verkehrte Behandlung (die Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte) in ein durchaus schiefes Licht gestellt worden. Man hat sogar da, wo man die Zusammensetzung aus einzelnen Zellen (die sogenannte Gliederung der Gefässe) beobachtete, diese als später durch Einschnürung entstanden zu erklären versucht. Nichts ist meistentheils leichter, zumal bei den grösseren und sich später in einem Pflanzentheil bildenden Gefässen, als ihre allmälige Bildung aus Zellenreihen zu beobachten. Nur bei den am frühesten entstandenen Gefässzellen ist es oft unendlich schwierig, da hier die Communication der Höhle früh eintritt und dann die noch fortdauernde Ausdehnung allmälig der ganzen Zellenreihe genau ein gleiches Kaliber ertheilt. Dazu kommt noch eine andere bis jetzt kaum bemerkte, geschweige denn gewürdigte und erklärte Eigenheit. Wir bemerken leicht, dass in den einzelnen Zellen der *Chara* die schiefe Richtung der grünen Kügelchen sich durch die folgenden Zellen hindurch zu einer vollkommenen Spirale ergänzt, ebenso findet häufig ein eigenthümlicher Zusammenhang zwischen den spiraligen Ablagerungen zweier benachbarter Zellen statt, so dass dem nicht sehr aufmerksamen Beobachter sich die Spirale ununterbrochen fortzusetzen scheint. Dadurch wird es oft beinahe unmöglich, in den zuerst aufgetretenen Gefässzellen ihre Zusammensetzung aus einzelnen Zellen noch zu erkennen, obwohl uns die Analogie vollkommen berechtigt, eine solche auch hier anzunehmen, da kein Grund vorliegt, warum gerade bei diesen Gefässen eine Ausnahme stattfinden sollte. Nirgends ist die Zusammensetzung der Gefässe aus Zellen leichter zu beobachten, als bei der Balsamine, und nirgends zeigt sich auch auffallender der Zusammenhang der spiraligen Bildungen einer Zelle mit der folgenden. Aber es gelingt auch nicht selten, an ganz früh entstandenen Gefässen trotz der Gleichförmigkeit des Kalibers und der scheinbaren Continuität der Spirale die Zusammensetzung zu erkennen. Ich habe an einem andern Orte darauf aufmerksam gemacht *.

Gewöhnlich, zumal bei den später entstandenen Gefässzellen, wird die Scheidewand so durchbrochen, dass rings ein schmaler Rand stehen bleibt (bei den früher entstandenen bleibt oft nichts stehen und das erschwert die Erkennung der Zusammensetzung noch mehr oder macht sie ganz unmöglich). Selten stehen diese Scheidewände ganz horizontal, gewöhnlich etwas geneigt und zwar seltsamerweise sehr selten von der Axe des Pflanzentheils nach der Peripherie, meist nach den Seiten der Radien zu geneigt. Auf einem radialen Längsschnitt bekommt man daher jene Löcher in den Scheidewänden häufig zu sehen. *Treviranus*** bemerkte sie zuerst, wusste aber nichts damit zu machen; *Meyen****, der weniger gut beobachtet hatte, gab eine höchst unbeholfene Erklärung, erst später wurde die Sache aufgehellt, aber ohne dass man *Treviranus* genannt hätte. Diese Bildung der Durchbrechung findet aber nur statt, wenn die Scheidewände eine gewisse Neigung nicht übersteigen, bei etwas stärkerer Neigung bilden sich statt eines mehrere Löcher und die Scheidewand gewinnt oft ein

* Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Cacteen in den *Mém. de l'academ. de St. Petersb. par. div. savans. VI. Ser T. IV. p.* 26. 27.

** Vom inwendigen Bau der Gewächse u. s. w. Göttingen 1806. Taf. 1, Fig. 10, b.

*** Phytotomie S. 264.

regelmässiges leiterförmiges Ansehen, wie *Mohl** zuerst entdeckte. Beispiele geben die Birke, die Palmenwurzeln, *Arundo Donax etc.* Wird endlich die Neigung so stark, dass man die Zellen mehr für aneinanderliegend, als aufeinanderstehend ansehen muss, so bilden sich auf der Scheidewand, je nach der Natur der Zellen, nur Spiralen oder Poren aus. Auch hier mögen die vorigen Beispiele genügen.

Dass das ausgebildete Gefäss regelmässig nur Luft führt, ist so klar, dass man sich wundern muss, wie je Streit darüber entstehen konnte, da schon das unbewaffnete Auge darüber aufklären konnte. Im Alter entstehen in der Höhle des Gefässes häufig Zellen. Sie sind länger bekannt in den alten porösen Gefässen der Eiche und der Ulme, ich fand sie häufig in den Spiralgefässen alter Scitamineenstämme, z. B. bei *Canna* und *Hedychium.* Hier entstehen die Zellen, wie mir scheint, nicht eigentlich in der Gefässzelle, sondern von der benachbarten Zelle dehnt sich ein Theil der Wand blasenförmig aus und drängt sich zwischen den Spiralwindungen in die Gefässzelle hinein. In dieser Blase, die sich abschnürt(?), entstehen dann neue Zellen. Eine ausführliche Untersuchung dieser Gebilde, die Thyllen genannt werden, erhielten wir neuerdings von einem Ungenannten**, wodurch die Bildung durch Einstülpung von benachbarten Zellen aus als allgemein nachgewiesen wird.

Es versteht sich von selbst, dass eine Gefässbildung bei allen Zellenformen vorkommen kann, die sich reihenweise anordnen können, also auch bei kugeligen oder polyedrischen Zellenformen. Die aus den letzteren beiden entstandenen Gefässe pflegte man früher wohl, besonders wenn ihr Verlauf nicht ganz grade war, mit dem völlig überflüssigen Namen: rosenkranzförmige Gefässe (*vasa moniliformia*) u. s. w. zu bezeichnen. Ich weiss nicht, warum man die ganz kurzgliedrigen, aus fast tonnenförmigen Zellen bestehenden porösen Gefässe des Weins nicht auch so genannt hat, ein Unterschied ist durchaus nicht vorhanden.

§. 26.

D. Gefässbündel (*fasciculi vasorum*). So nennt man eine Masse von langgestreckten Zellen, von denen ein Theil in Gefässe umgeändert ist, und die sich mehr oder weniger deutlich von dem umgebenden Parenchym, welches sie in einem längeren oder kürzeren Zuge durchsetzen, unterscheidet. Sie sind entweder:

a. Simultane Gefässbündel (*f. v. simultanei*), wenn alle ihre Theile ziemlich zu gleicher Zeit entstanden sind und ausgebildet werden, Gefässbündel der Kryptogamen.

b. Succedane Gefässbündel (*f. v. succedanei*), wenn die einzelnen Theile nach einander und zwar in allen Stengelgebilden in der Richtung von Innen nach Aussen, in den Blättern von Oben nach Unten entstehen und ausgebildet werden. Sie bestehen anfänglich ganz aus einem in der Bildung begriffenen, zarten, mit trüber Flüssigkeit gefüllten Zellgewebe (*cambium*), welches, so wie es innen in gestreckte Zellen und Gefässe übergeht, sich aussen fortbildet. Diese Gefässbündel sind wiederum:

1. Geschlossene Gefässbündel (*f. v. definiti*). Bei ihnen dauert die Fortbildung nur eine bestimmte kurze Zeit, dann ändert sich das Cambium in ein klares scharfgezeichnetes Zellgewebe um und ist unfähig zu ferneren Bildungen. Gewöhnlich liegen hier die Gefässe in einer Linie oder $<$förmig von Innen nach Aussen, zu äusserst oder nach beiden Seiten der Linie zeigen sich ein paar grosse poröse Gefässe und das Ganze ist mit langgestrecktem, dickwandigem Parenchym gemischt

* *De Palmarum structur.* Taf. N. Fig. 13, 14, 15.

** Untersuchungen über die zellenartigen Ausfüllungen der Gefässe (in Botanische Zeitung 1845, S. 225 ff.).

und umkleidet und dadurch mehr oder weniger vom übrigen dünnwandigern und kürzern Parenchym unterschieden. Monokotyledone Gefässbündel.

2. Ungeschlossene Gefässbündel (*f. v. indefiniti*). Hier hört das Cambium nicht früher auf sich fortzubilden und das Gefässbündel von Innen nach Aussen zu verdicken, bis der Theil oder die Pflanze, dem es angehört, abstirbt. Dikotyledone Gefässbündel. Man muss hier unterscheiden:

α. Das primäre Gefässbündel, wozu Alles zu rechnen ist, was in der ersten Vegetationsperiode (Jahre) entsteht. Es besteht in der innern Hälfte aus denselben Theilen, wie das geschlossene Gefässbündel, nur dass die Gefässe meist zahlreicher und nicht so regelmässig angeordnet sind; die äussere Hälfte ist nur das fortbildungsfähige trübe Cambium, vorn und an den Seiten stetig, aber ziemlich rasch in das umgebende Parenchym zuweilen nach vorn in den langgestreckten Bast übergehend.

β. Das Holz (*lignum*). Nach Vollendung der ersten Vegetationsperiode hört ein Pflanzentheil in der Regel auf, sich in die Länge zu strecken, da aber die vom Cambium neu erzeugten Zellen nichtsdestoweniger bis zu einer gewissen Länge sich ausdehnen, so müssen sich dieselben von nun an, um Raum zu gewinnen, mit spitzen Enden in einander schieben. Es entsteht statt Parenchyms ein eigenthümliches Zellgewebe, das man Prosenchym (*prosenchyma*) nennt. Ein Theil desselben behält seine langgestreckte, schmale, oben und unten zugespitzte Form (Holzzellen), dazwischen aber erweitern sich einzelne senkrechte Reihen, oft sehr stark, und ändern sich zu sogenannten Gefässen um. Hiervon machen nur die Coniferen, Cycadeen und einige andere insofern eine Ausnahme, als alle Holzzellen sich ziemlich gleichförmig ausbilden. Von der in jedem Jahr gebildeten Holzportion ist gewöhnlich der im Anfang entstandene Theil aus weiteren dünnwandigen Zellen zusammengesetzt, und enthält mehr Gefässe, später entstehen immer weniger Gefässe, die Zellen werden immer enger und dickwandiger. Bei regelmässigem Vegetationswechsel nach Jahresperioden unterscheidet sich daher der Anfang einer neuen jährlichen Holzportion schon für das blosse Auge mehr oder weniger scharf von dem Ende der vorjährigen. Daraus zeigt sich das Holz auf dem Querschnitte in so viele concentrische Ringe getheilt, als der Stamm Jahre alt ist, und man nennt diese Erscheinung deshalb Jahresringe.

Im Gegensatz zu den Gefässbündeln und seinen Fortbildungsmassen heisst das Zellgewebe zwischen ihnen, welches gewöhnlich etwas von Innen nach Aussen gestreckt erscheint, Markstrahlen (*radii medullares*) und zwar grosse Markstrahlen, wenn sie continuirlich vom Centrum (Mark) bis zur Peripherie (Rinde) reichen, kleine dagegen, wenn sie im Holze anfangen oder aufhören.

Das Cambium. Wenn wir die werdenden Pflanzentheile betrachten, die sich bildende oder ausbildende Knospe, so finden wir im frühesten Zustande stets ein nur schwer in seinen Einzelnheiten erkennbares Gewebe. Die Zellen strotzen von assimilirten schleimig-granulösen Stoffen, enthalten junge Zellen, Cytoblasten, oft auch noch überschüssigen Nahrungsstoff (als Stärkemehl u. s. w.), alles so eng in kleine höchst zartwandige Zellen zusammengedrängt, dass es schwer wird, klar in diesem Bildungsgewebe die dasselbe zusammensetzenden Theile zu unterscheiden. Dies ist eigentlich das Cambium, d. h. sich fortbildendes Zellgewebe. Allmälig treten nun einzelne Zellenmassen aus diesem Chaos schärfer und bestimmter hervor, sie haben aufgehört bei der Fortbildung thätig zu sein; zuerst scheidet sich die Oberhaut aus, dann die Gefässbündel, später das Parenchym, und endlich bleibt jenes Cambium nur auf ganz

bestimmte Orte beschränkt, auf die Spitze der Stengel (*Punctum vegetationis C. Fr. Wolff*) und auf die äussere Seite der Gefässbündel *. Diese letztere Partie hat man bisher vorzugsweise Cambium genannt, obwohl sie von dem übrigen durchaus in nichts verschieden ist. Niemals ist das Cambium eine unorganische Masse, wie man früher allgemein annahm, sondern, bei den Gefässpflanzen wenigstens immer, ein Zellgewebe, welches Cytoblastem enthält, in lebendiger Thätigkeit ist und daher beständig neue Zellen bildet, von denen ein Theil austritt, um sich dem schon gebildeten Zellgewebe in seinen verschiedenen Formen anzuschliessen, ein Theil dagegen wieder, als Cambium, den Bildungsprocess fortsetzt. Von diesem Cambium muss man durchaus ausgehen.

Die Gefässbündel. Wenn man die Natur der Gefässbündel verstehen will, ist es mehr wie sonst irgendwo in der Pflanzenanatomie nothwendig, auf das Speciellste sich mit der Entwickelungsgeschichte bekannt zu machen. Eine grosse Reihe von Beobachtungen zusammenfassend bemerkt man, dass besonders die Gefässe, in geringerem Grade auch die übrigen zum Gefässbündel gehörigen Zellen, früher aufhören die Gesammtenergie des Zellenlebens zu zeigen, als die benachbarten Zellen. Sie hören früher auf, neue Zellen zu entwickeln, sie gehen früher aus dem Zustande der primären Membran in den der schichtweisen Ablagerung über, sie verzehren schneller ihre assimilirten Stoffe, ohne neue zu bilden, und wenn die benachbarten Zellen ihre chemische Thätigkeit erst in voller Energie beginnen, haben sie entweder alle ihre Stoffe verzehrt und führen nur noch Luft (Gefässe) oder einen sehr homogenen indifferenten Zellensaft (die jüngeren Holzzellen). Es sind Zellen, die alle Stadien des Lebens schneller durcheilen als die Parenchymzellen. Hieraus erklären sich fast alle Erscheinungen einfach und vollständig. Zuerst bilden die Parenchymzellen noch neue Zellen, wenn die Gefässbündelzellen schon aufgehört haben. Es kommen daher auf ein gleiches Längenmass mehr Parenchymzellen, als Gefässbündelzellen; die letzteren sind also immer um ein Bedeutendes länger, als die ersteren. Dieser Gegensatz ist besonders schroff im Anfang eines Gefässbündels, weniger zu seinen Seiten, wo seine Zellen allmälig in die des Parenchyms übergehen. Da ferner bei der Bildung der secundären Schichten die noch fortdauernde Ausbildung der Zelle ein wesentliches Moment ist, so hängt die Form der einzelnen Gefässbündelzellen auch wesentlich von der Zeit ab, in welcher sie entstanden. Hier muss man aber die verschiedenen Arten der Gefässbündel unterscheiden.

1. Bei den höheren Kryptogamen, den Farren, Lycopodien, Equisetaceen (?) (kryptogamen Gefässpflanzen) zumal im oberirdischen Stengel (weniger in den gestreckten, unterirdischen und bei den Equiseten überhaupt) wird das ganze Gefässbündel fast auf einmal angelegt und entwickelt. Wir finden daher in jedem Gefässbündel auch fast nur ganz gleiche Formen, und da sich die Stengel dieser Pflanzen nach Entstehen der Gefässbündel nur noch wenig in die Länge strecken, fast nur Gefässformen mit langen spaltenartigen Poren (48 a. d. f. S.) **. Bei den Lycopodien kommen auch sehr eng gewundene Spiralgefässe, bei den Equiseten Ringgefässe, aber mit sehr nahestehenden Ringen vor ***.

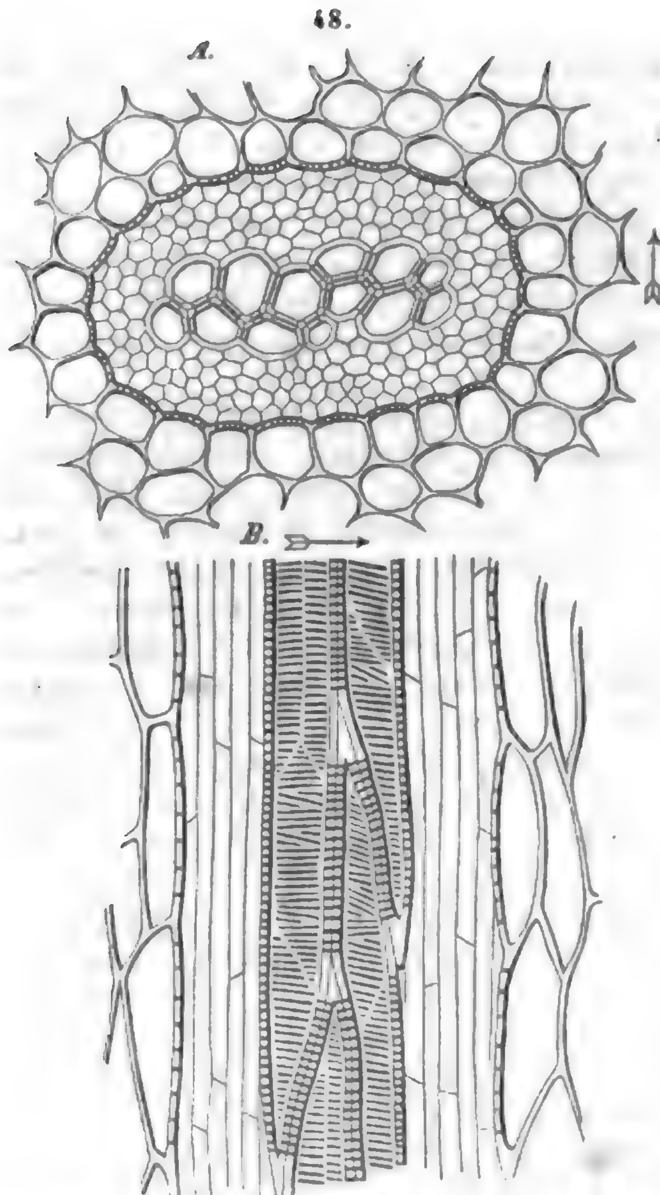
2. Bei den Phanerogamen dagegen tritt eine sucessive Bildung der Gefässbündel ein. Die der Axe zunächst gelegenen Theile treten zuerst aus dem Zustande des Cambiums heraus, und dann schreitet die Entwickelung allmälig gegen die Peripherie fort. Dabei dehnen sich die Theile, denen die Gefässbündel angehören, fast ohne Ausnahme während der Bildung der letzteren noch bedeutend aus †. Hieraus ergeben

* Zum Theil auch auf das Innere des Blattes.

** Vergleiche auch *Hugo Mohl de structura caudicis filicum arborearum*. München 1833.

*** Vergleiche auch *Bischoff*, Die kryptogamischen Gewächse. Nürnberg 1828.

† Man vergleiche nur ganz einfach die Grösse der Zellen in jungen Pflanzentheilen mit denen in älteren.

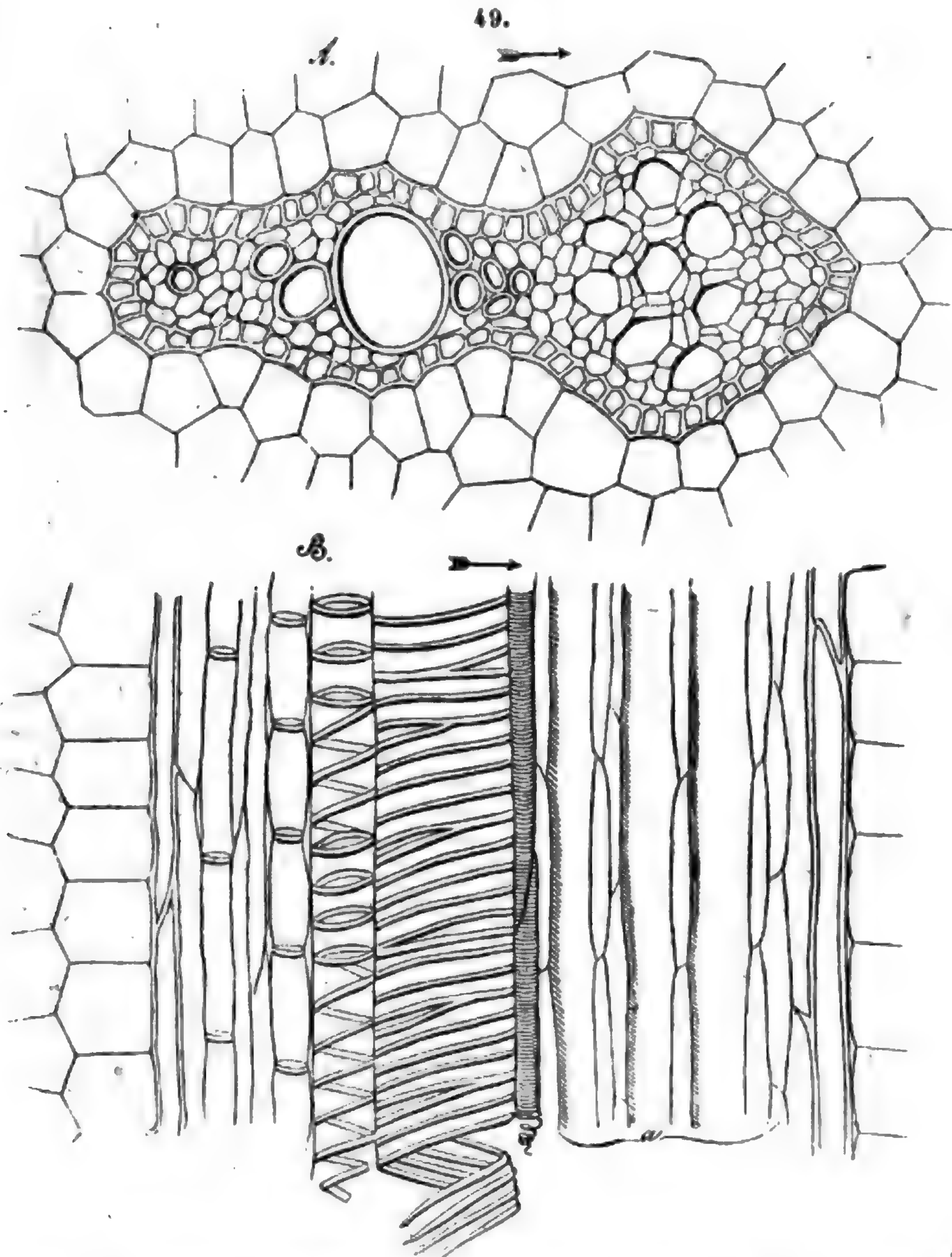


sich einige wesentliche Modificationen der Gefässbündel. Was zuerst die Gefässe betrifft, so entspricht der Typus ihrer Verdickungsschichten von Innen nach Aussen einer immer geringeren Ausdehnung. Der Axe am nächsten finden wir meist weitläufige Ringgefässe, darauf folgen engere, dann Spiralgefässe, deren Windungen obwohl weit, doch enger sind, als der Abstand der Ringe im nächst vorhergehenden Gefässe, dann eng gewundene Spiralen, netzförmige und endlich poröse Bildungen. Diese Folge bleibt dieselbe, wenn auch diese oder jene Bildung nicht auftritt. Bei genauen und ausgedehnten Untersuchungen findet man dieses Gesetz so sehr bestätigt, dass man ganz sicher schon nach der Form der Verdickungsschichten das relative Alter zweier Gefässe (als solcher, nicht ihre Entstehung als Zellen) bestimmen kann, wie sich dies z. B. am schlagendsten bei den in monokotyledonen Gefässbündeln so häufig vorkommenden grossen porösen Gefässen zeigt, die oft seitwärts, zuweilen sogar hinter den zuletzt gebildeten spiral- und netzförmigen Gefässen liegen, aber sich auch beständig später als diese ausbilden und daher eine Configuration zeigen, die man ihrer blossen Lage nach nicht erwarten sollte. Man muss hier aber noch wieder unterscheiden nach der Zeit, während welcher das Cambium als solches beharrt, wodurch der wesentliche Unterschied zwischen Monokotyledonen und Dikotyledonen gegeben wird.

α. Bei den Monokotyledonen geht das Cambium zu einer gewissen Zeit und zwar allemal noch innerhalb der ersten Vegetationsperiode nach wenig Wochen eine merkwürdige Veränderung ein; das anfänglich in den Zellen enthaltene Cytoblastem verliert sich und wird durch eine klare Flüssigkeit ersetzt, von nun an hört jede Neubildung auf, und meistentheils erweitern sich einzelne senkrechte Reihen kürzerer Zellen auf eine sehr regelmässige Weise, so dass da, wo drei bis fünf solche Zellen zusammenstossen, eine Reihe eng gebliebener etwas stärker verdickter längerer Zellen zu liegen kommt (49)*. Während der Zeit haben sich dann auch gewöhnlich die zum

48. Simultanes Gefässbündel aus dem Stengel von *Polypodium ramosum*, *A* im Querschnitt, *B* im Längsschnitt durch den kleineren Durchmesser des Gefässbündels. Der Pfeil bezeichnet die Richtung vom Centrum nach der Peripherie des Stengels. Das etwas verdickte nach dem Gefässbündel hin poröse etwas langgestreckte Parenchym, umschliesst zunächst ein zartwandiges sehr langgestrecktes Parenchym, dem Cambium (*vasa propria Mohl*) bei den Monokotyledonen entsprechend. Innerhalb dieser Zellen liegen die ganz gleichförmigen mit langen, aber schmalen Spalten bezeichneten Gefässe.

*) Vergl. auch hierüber *H. Mohl*, *De Palmarum structura*, wo er viele Abbildungen monokotyledoner Gefässbündel gegeben, aber, wie mir scheint, die genannte Eigenheit nicht immer charakteristisch genug ausgedrückt hat. Ferner *Moldenhauer*, Beiträge, S. 126 ff.

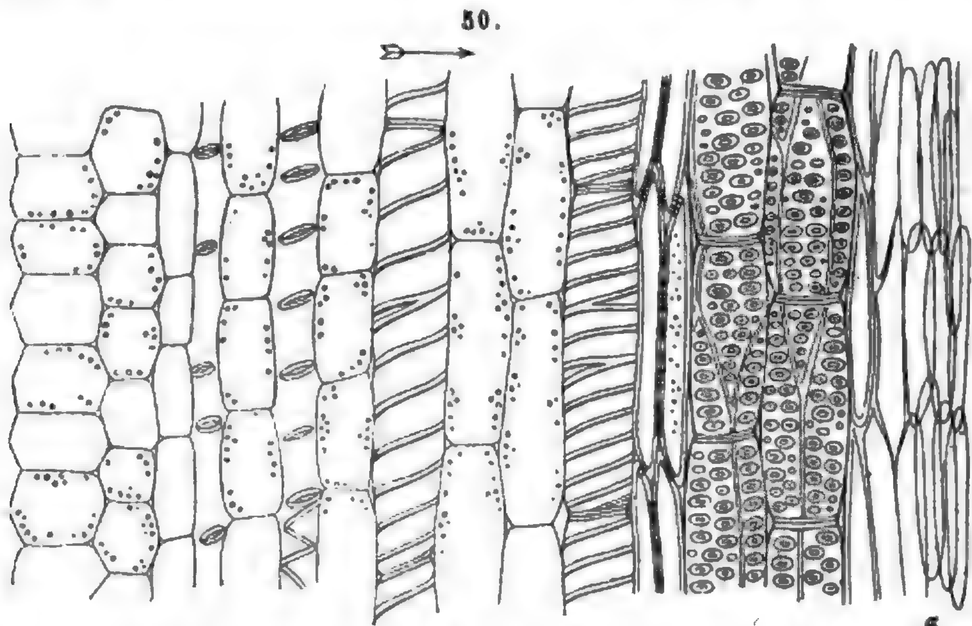


Gefässbündel gehörenden langgestreckten Parenchymzellen, die dasselbe entweder ganz umgeben, oder vorn oder hinten oder an beiden Orten ein grösseres Bündel bilden, stark in ihren Wandungen verdickt, so dass das ganze fernerhin unveränderliche Gefässbündel von dem umgebenden Parenchym scharf geschieden erscheint (49). Doch finden sich auch Beispiele, wo das Gefässbündel an seinen Grenzen stetig in das gewöhnliche Parenchym übergeht.

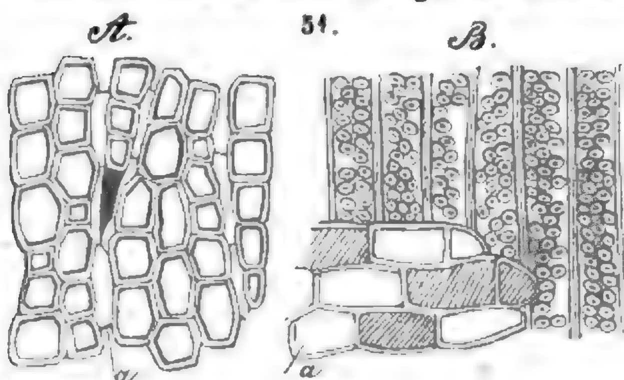
β. Im frühesten Zustande sind die Gefässbündel der Dikotyledonen von denen der Monokotyledonen auf keine Weise zu unterscheiden, die Verschiedenheit wird erst sichtbar, wenn sie sich dem Ende der ersten Vegetationsperiode nähern. Dann zeigt sich, dass das Cambium sein Ansehen gar nicht verändert, fortwährend in seiner neubildenden Thätigkeit beharrt und daher immer neue Zellenmassen an das Gefässbündel ablagert. Der erste Theil des Gefässbündels bildete sich ganz unter denselben Umstän-

4. Succedanes geschlossenes Gefässbündel aus dem Blattstiel von *Musa sapientum* (aus einer Scheidewand zwischen zwei Luftgängen nahe der untern Fläche des Blattstiels), *A* im Querschnitt, *B* im Längsschnitt so gewählt, dass beide möglichst in ihren Theilen correspondiren. Der Pfeil bedeutet die Richtung von der obern Fläche des Blattstiels nach der untern, *a* die Cambialzellen (*vasa propria H. Mohl*).

den wie das monokotyledone Gefässbündel, er zeigt daher ganz ähnliche Erscheinungen (50). Die weitere Fortbildung geschieht aber unter Umständen, die von



denen, unter welchen das monokotyledone Gefässbündel sich bildete, sehr verschieden sind. Namentlich wird hier wichtig, dass jede Längsdehnung des Pflanzentheils aufgehört hat. Wenn also, wie es überwiegend häufig der Fall ist, die neu entstandenen Zellen sich noch bedeutend ausdehnen, so giebt ihnen dazu die Länge des Pflanzentheils nicht genügenden Raum; die Enden der Zellen einer horizontalen Schicht drängen sich daher zwischen die Endungen der drüber und drunter liegenden Zellen und spitzen sich dabei zu. Bei allen neu entstandenen Holzzellen bemerkt man, dass sie kürzer als die alten und ihre Enden abgerundet sind, die eigentliche Form der Prosenchymzellen erhalten sie erst später. In dem ersten Theil des Gefässbündels findet man auch niemals solche Zellen; die innersten sind langgestreckte Parenchymzellen und gehen dann nach Aussen ganz allmälig in die Holzzellen über. Es kommen aber auch Fälle vor, wo eine solche Ausdehnung der neu entstehenden Zellen über das ihnen vergönnte Längenmaass nicht stattfindet, und dann besteht das ganze Holz nur aus parenchymatischen Zellen, z. B. bei *Bombax pentandra*, *Carolinea minor* (ob bei allen Bombaceen?). Man bemerkt aber bei dem spätern Product der bildenden Thätigkeit des Cambiums einen grossen Unterschied in seiner Ausbildung, je nachdem die Zellen mehr oder weniger als Holzzellen (*prosenchyma*) ausgebildet werden und je nachdem sie gleichförmig oder verschiedenartig gebaut sind. Die einfachsten Holzarten auf der einen Seite sind diejenigen, bei denen alle Zellen ganz gleichartig entwickelt sind und daher eine Unterscheidung von Zellen und sog. Gefässen nicht anwendbar ist. Solches finden wir bei den Coniferen und Cycadeen; lange prosenchymatische, gleich weite Zellen mit 1—8 Reihen von Poren besetzt (51, *A. B*).

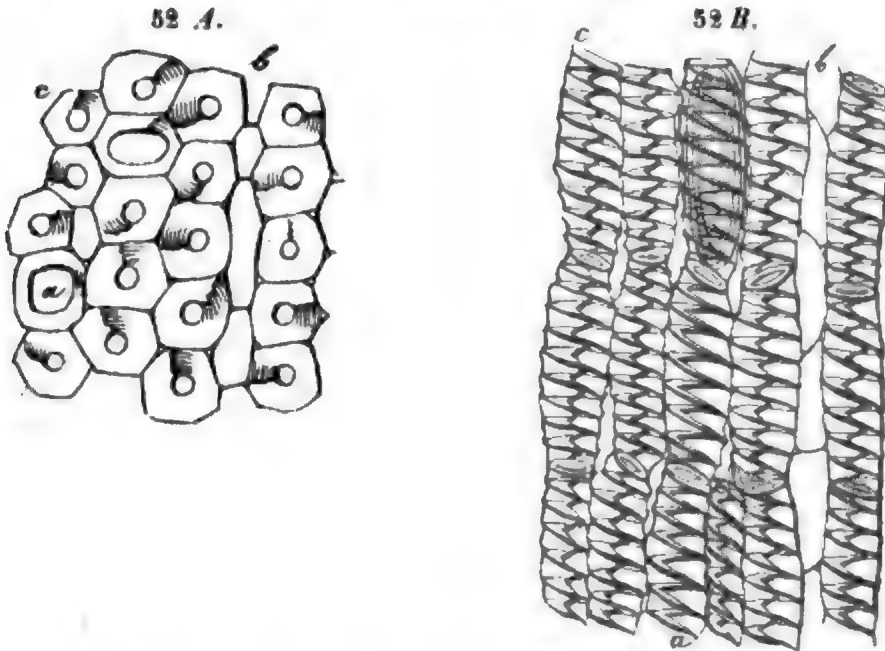


Davon weicht das Holz der Mamillarien wenig ab. Auf den ersten Blick glaubt man auch hier ganz gleichförmiges Gewebe etwas gestreckter cylindrischer Zellen zu

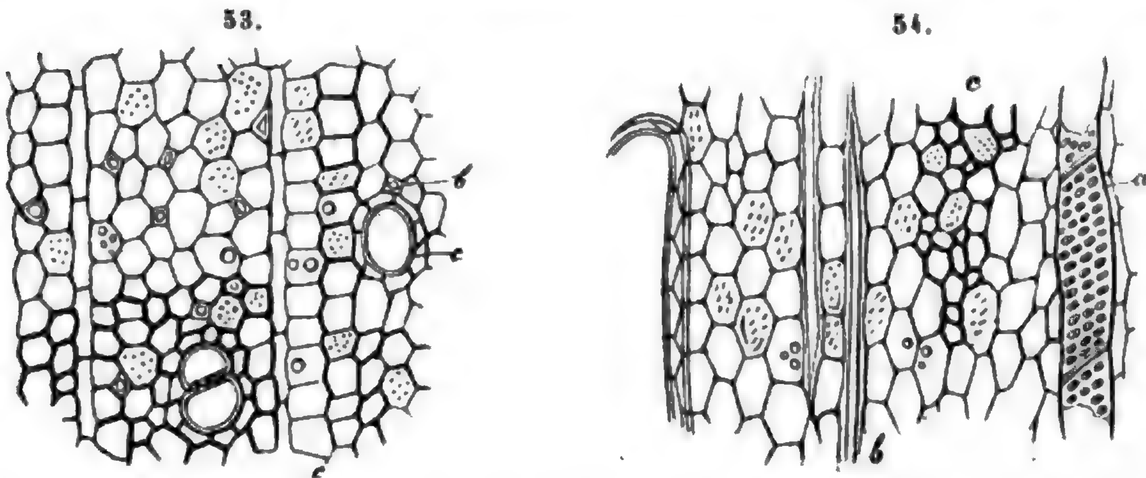
50. Succedanes ungeschlossenes Gefässbündel aus *Vica faba* im Längsschnitt. Der Pfeil bezeichnet die Richtung vom Mark zur Rinde, *a* Cambialzellen.

51. *A* Querschnitt des Holzes von *Cycas revoluta*, *B* Längsschnitt desselben parallel den Markstrahlen. *a* In beiden Figuren Markstrahlenzellen. Die sehr langgestreckten Holzzellen haben auf ihren Wänden zahlreiche grosse Poren.

sehen, die auf das Zierlichste durch ein weit in die Zelle hineinragendes Spiralband ausgezeichnet sind (52, *B*). Bei grösserer Aufmerksamkeit erkennt man aber auf dem Quer- und Längsschnitt Zellenreihen, bei denen die Spiralfiber weniger weit in die Zelle hineinragt, die mit einander in offener Communication stehen und Luft führen (52 *A*, *a*. *B*, *a*). Dies ist schon die einfachste Form der sogenannten Gefässe.



In anderer Weise finden wir das einfachste Holz bei *Carolinea minor*. Es ist äusserst leicht und weich (wie Kork, aber nicht so elastisch) und besteht ausschliesslich (?) aus ziemlich regelmässigen kaum in die Länge gestreckten Parenchymzellen, die etwas porös sind, und einzelnen Reihen in offner Communication stehender sehr viel weiterer und längerer cylindrischer und deutlich poröser Zellen (sog. Gefässe). Dem ganz ähnlich ist das Holz von *Bombax pentandra* (53, 54), wo sich zwischen

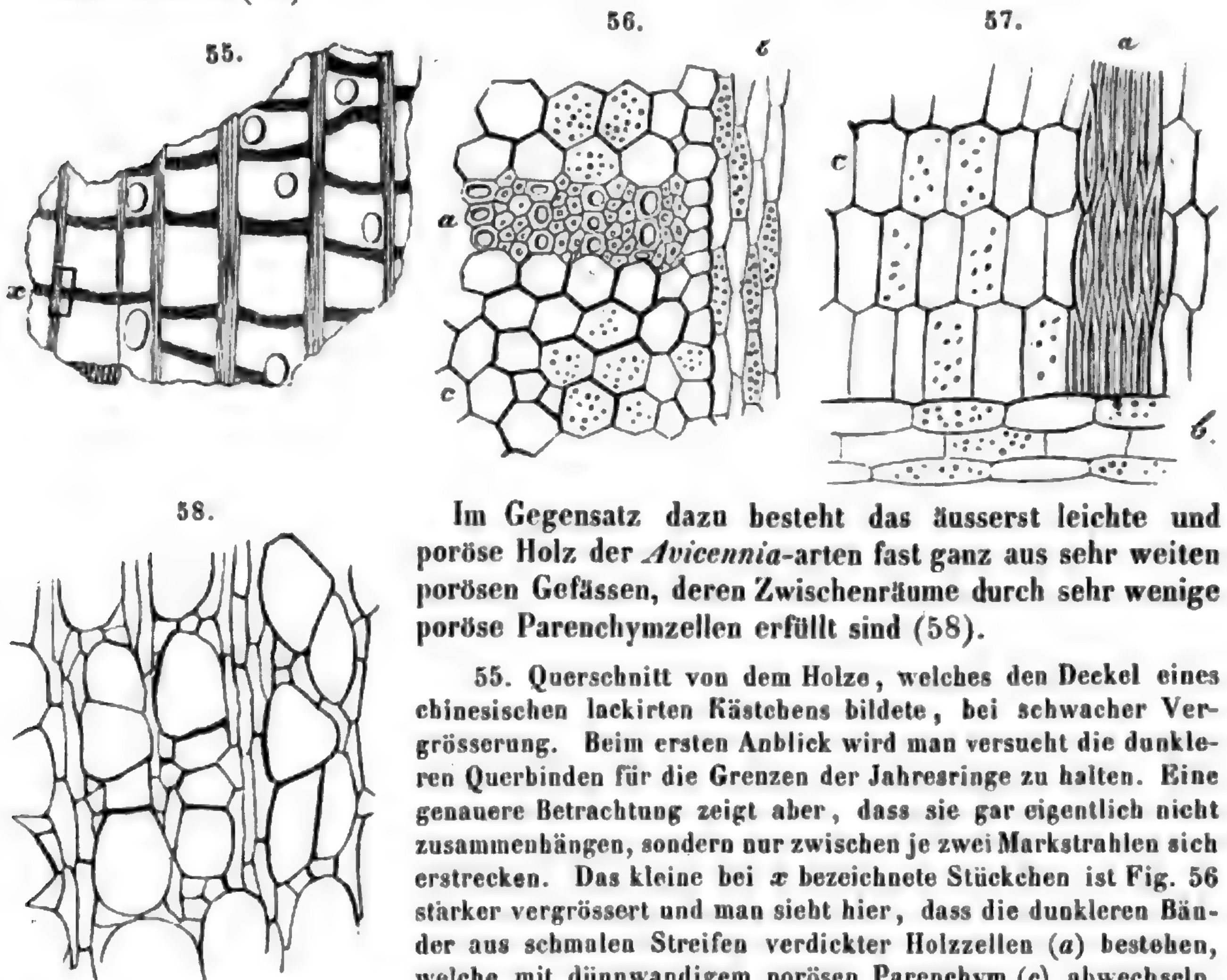


52. *A* Querschnitt des Holzes von *Mamillaria quadrispina*. *B* Längsschnitt desselben parallel der Rinde. Sämmtliche Zellen enthalten spiralig gewundene Plättchen (*c*), nur wenige unterscheiden sich dadurch, dass die Plättchen etwas schmäler sind (*a*). Diese Zellen führen nur Luft und communiciren in senkrechten Reihen, *b*. Markstrahlenzellen.

53. Querschnitt des Holzes von *Bombax pentandra*. Das ganze Holz besteht aus dünnwandigem, aber porösem Parenchym (*c*), in welcher nur einzelne dickwandige Holzzellen (*b*) eingestreut sind. Schmale Markstrahlen aus einzelnen Zellenreihen durchziehen das Holz in ziemlich regelmässigen Abständen. In der untern Hälfte des Schnitts sind die Zellenwände unmerklich dicker, wodurch die Grenze zweier Jahresringe angedeutet ist. Einzelne oder paarweise aneinanderliegende poröse Gefässe durchziehen das Holz, z. B. bei dem oberen *c*.

54. Längsschnitt desselben Holzes, *a* poröses Gefäss, *b* Holzzelle, *c* Parenchym.

den parenchymatischen Zellen ganz vereinzelte lange aber ziemlich dünnwandige Prosenchymzellen einfinden (53, 54 *b*.). Hier schliesst sich das höchst merkwürdige Holz der *Erythrina*-arten an. Es besteht fast ganz aus ziemlich dünnwandigem Parenchym von einzelnen rundlichen Bündeln starkverdickter Holzzellen durchzogen, so dass man, wenn das Sehfeld des Mikroskops grade keines der vereinzelten grossen porösen Gefässe umfasst, versucht werden kann, das Gewebe für einem Monokotyledonen Stamme, namentlich der sehr ähnlich erscheinenden Aloen angehörig zu erklären. Von diesem bildet einen Uebergang zu dem gewöhnlichen Bau, das für mich leider nicht zu bestimmende Holz (*Agati sp.?*), aus welchem der Deckel eines chinesischen Kästchens gemacht war. Dem flüchtigen ersten Blicke schien der Querschnitt (55) deutliche, scharf abgesetzte Jahresringe zu zeigen. Genauere Untersuchung zeigt, dass die dunkleren Streifen, welche als die äussersten Theile eines Jahresringes erscheinen nicht zusammenhängen, sondern isolirte Querbinden zwischen je zwei Markstrahlen bilden. Diese Querbinden bestehen nun ausschliesslich aus Prosenchym (56, *a*. 57, *a*), der dazwischen liegende Theil des Holzes aber aus sehr regelmässigem wenig in die Länge gestrecktem ganz dünnwandigem, aber porösem Parenchym (56 *c*, 57 *c*). Nur sehr vereinzelt finden sich in dem parenchymatischen Theile dieses Holzes einige weite Gefässe (55).



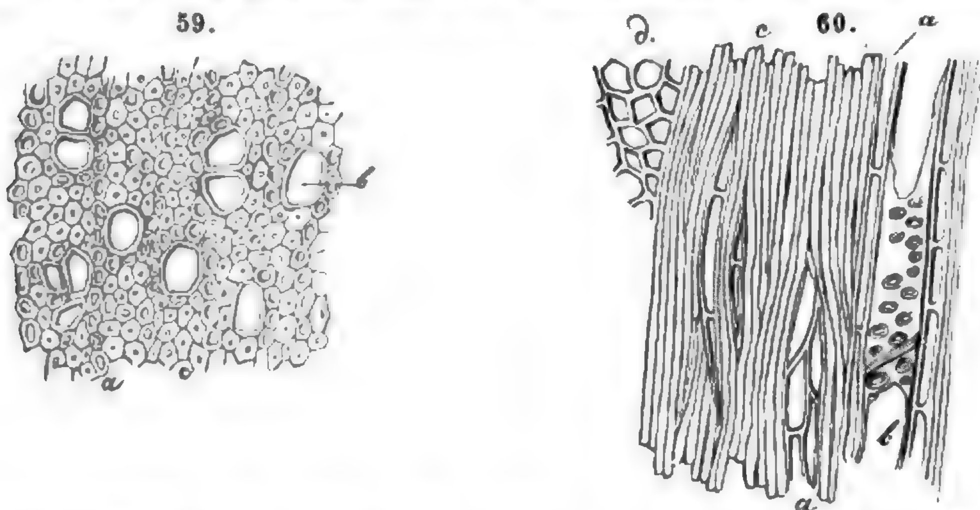
Im Gegensatz dazu besteht das äusserst leichte und poröse Holz der *Avicennia*-arten fast ganz aus sehr weiten porösen Gefässen, deren Zwischenräume durch sehr wenige poröse Parenchymzellen erfüllt sind (58).

55. Querschnitt von dem Holze, welches den Deckel eines chinesischen lackirten Kästchens bildete, bei schwacher Vergrösserung. Beim ersten Anblick wird man versucht die dunkleren Querbinden für die Grenzen der Jahresringe zu halten. Eine genauere Betrachtung zeigt aber, dass sie gar eigentlich nicht zusammenhängen, sondern nur zwischen je zwei Markstrahlen sich erstrecken. Das kleine bei *x* bezeichnete Stückchen ist Fig. 56 stärker vergrössert und man sieht hier, dass die dunkleren Bänder aus schmalen Streifen verdickter Holzzellen (*a*) bestehen, welche mit dünnwandigem porösen Parenchym (*c*) abwechseln. Zwischen Holzzellen und Markstrahlen liegt stets noch eine Lage dünnwandiger Parenchymzellen. Zwischen den Holzzellen finden sich radiale Reihen etwas weiterer und weniger dickwandiger Holzzellen. Auch die dünnwandigen Markstrahlenzellen (*b*) sind sämmtlich porös. Fig. 57 ist ein Längsschnitt parallel den Markstrahlen, an welchem die Buchstaben *a*. *b*. *c*. dieselbe Bedeutung haben. Durch das Parenchym des Holzes verlaufen einzelne grosse poröse Gefässe, die nur Fig. 55 im Querschnitt dargestellt sind.

58. Querschnitt des äusserst leichten und schwammigen Holzes einer *Avicennia*. Das Holz besteht fast ganz aus sehr weiten porösen Gefässen nebst sehr wenigen dünnwandigen parenchymatischen Zellen.

Im Allgemeinen nimmt das Parenchym gar keinen (?) Antheil an der Zusammensetzung des Holzes der Gymnospermen, einen geringern bei den Dikotyledonen der gemässigten Klimate, einen sehr bedeutenden aber bei den meisten Dikotyledonen der heissen Gegenden. Insbesondere sind es bei den letztern die Schlingpflanzen, z. B. die Bauhinien, Tephrosien, Convolvulaceen u. s. w., bei denen das Parenchym, in Form von Rindengewebe, das Holz in einzelne unregelmässige Portionen theilt, die aber selbst noch wieder parenchymatisches Zellgewebe in ihre Zusammensetzung aufnehmen. Besonders charakteristisch für die meisten Schlingpflanzen ist es, dass ihre grösseren Gefässe oder Gefässgruppen von einer Scheide sehr festen und dickwandigen Parenchyms umschlossen werden, die viel länger als alles übrige Holzgewebe der Vermoderung und Fäulniss widersteht, so dass ein ausgefaulter Stamm, z. B. einer *Bauhinia corymbosa, diphylla, lingua* etc. durch seine faserige Textur frappant einem ausgefaulten Monokotyledonenstamme gleicht.

Endlich besteht das meiste Holz bei weitem seiner grössten Masse nach aus ziemlich langgestreckten Prosenchymzellen und bald mehr bald weniger porösen Gefässen (59, 60). Dabei tritt denn abermals die Verschiedenheit ein, dass entweder wie bei



dem Holze der Buche, des Ahorns, der Linde u. s. w. alle prosenchymatischen Zellen ganz gleich entwickelt sind, oder wie bei der Eiche sich Gruppen fast bis zum Verschwinden der Höhle dickwandiger Holzzellen zwischen die Massen dünnwandiger Holzzellen eindrängen.

Wie aus der ganzen vorhergehenden Erörterung hervorgeht, sind die Gefässe eine im Ganzen sehr unwesentliche Modification des Zellgewebes, und deshalb darf man sich auch nicht durch den einmal angenommenen Namen Gefässbündel irren lassen. Es kann auch recht wohl dergleichen ohne Gefässe geben, nur aus langgestreckten und vom übrigen Parenchyma sich mehr oder weniger scharf unterscheidenden Zellen zusammengesetzt. Solche Gefässbündel findet man unter den Kryptogamen bei den Moosen und Lebermoosen, unter den Phanerogamen bei *Mayaca fluviatilis*, einigen *Potamogeton*-arten, *Najas* und *Caulinia, Ceratophyllum*, kurz bei ganz unter Wasser wachsenden oder doch sich nicht durch ihre Wurzeln, sondern durch ihre ganze Oberfläche ernährenden Pflanzen. Warum man den aus länger gestreckten, dickwandigen, vom übrigen Parenchyma sich deutlich unterscheidenden Zellen zusammengesetzten

59. Querschnitt des sehr schweren und dichten Holzes von *Mahonia nepalensis*. Die ganze Masse besteht aus sehr dickwandigen Holzzellen (*c*) und weiten porösen Gefässen (*b*). Selbst die Zellen der kleinern Markstrahlen (*a*) sind sehr dickwandig und kaum von den Holzzellen zu unterscheiden. Zur Erläuterung dient Fig. 60. ein Längsschnitt desselben parallel der Rinde. Die Zellen der kleinen Markstrahlen (*a*) sind parenchymatisch, senkrecht bedeutend in die Länge gestreckt, zuweilen selbst etwas prosenchymatisch. Die porösen Gefässe (*b*) haben zum Theil sehr grosse Poren. Die Holzzellen sind sehr lang und dicht an einander gelegt. *d*. sind die Zellen eines durchschnittenen grossen Markstrahls.

und an der Stelle der Gefässbündel liegenden Ring oder Cylinder bei den Moosen nicht Gefässbündelkreis nennen will, so gut wie bei denjenigen Phanerogamen, wo er auch keine Gefässe enthält, sehe ich nicht ein. Die Gefässe haben überhaupt gar sehr die Botanik verwirrt. Es ist Zeit, dass wir einsehen, dass thierisches und vegetabilisches Gefäss mindestens eben so verschieden sind, als thierischer und vegetabilischer Flügel, oder Saamen, kurz alle diese Ausdrücke, wo man durch ein nichts bedeutendes Wortspiel genarrt wird, wenn man nicht gewohnt ist, mit scharf definirten Begriffen umzugehen. Man muss sehr wenig oder sehr oberflächlich beobachtet haben, wenn man nicht einsieht, dass die Gefässe oder Gefässbündel für die Pflanze im Allgemeinen eine höchst untergeordnete Bedeutung haben. Sie fehlen ganzen Pflanzen oder einzelnen, oft den wichtigsten Pflanzentheilen, z. B. den Saamenknospen, dem Staubfaden, während sie sich bei den nächst verwandten Pflanzen finden. Ueberhaupt scheinen sich alle Formen langgestreckter Zellen da zu bilden, wo ein Saftstrom in bestimmter Richtung thätig ist, dadurch werden die Zellenenden beim Ein- und Ausströmen stärker ernährt, also verlängert, so dass alle diese Formen nicht Ursache oder Organ der Saftbewegung, sondern Folge derselben sind. Da aber bei dem beständigen Stoffwechsel überhaupt der Lebensprocess in diesen Zellen rascher verläuft und sie stärker ernährt und folglich verdickt werden, so hören sie auch überhaupt bald auf, die Saftbewegung nur zu gestatten, sie sind die am frühesten absterbenden, ja schon sehr früh (wenn man so sagen darf) relativ todten Zellen. Die Saftbewegung wird daher fortwährend gezwungen, sich in der Pflanze neue Wege zu suchen, so bildet sie bei Kryptogamen und Monokotyledonen neue Gefässbündel, bei Dikotyledonen zieht sie sich immer weiter in die jüngsten Theile des sich fortbildenden Gefässbündels, oder vielmehr sie verursacht, dass beständig ein Theil der vom Cambium producirten Zellen wieder zu langgestreckten Gefässbündelzellen wird.

Die ganze Darstellung der Lehre von den Gefässbündeln, so wie ich sie hier gegeben habe, darf ich wohl als mir eigenthümlich aussprechen. Die ersten Grundzüge dazu theilte ich schon früher mit*. Alles Wesentliche bezieht sich aber nur auf Stengel und ächte Wurzel, nicht auf die Adventivwurzeln, bei denen noch einige Eigenheiten stattzufinden scheinen, die einer fernern Untersuchung bedürfen.

§. 27.

E. Bastgewebe *(tela fibrosa)*. Dies wird von Zellen gebildet, die so lang gestreckt sind, dass man sie nicht wohl mehr als übereinanderliegende Zellenreihen, sondern nur als nebeneinanderliegende Fasern betrachten kann; ihre Wände sind dabei stark, oft zum Verschwinden des Lumen verdickt, ohne in der Regel eine bedeutende Configuration der Verdickungsschichten zu zeigen, dabei aber meist sehr weich und biegsam. Diese Zellen kommen selten einzeln in Mark und Rinde, häufiger in Bündeln (Bastbündeln) in solchen Nerven flacher, schmaler Blätter, die keine Gefässbündel enthalten, in hervorspringenden Kanten der Stengel und sehr häufig in der Nähe der Gefässbündel an der äusseren Seite des Cambiums vor, im letzten Falle nennt man sie Bast *(liber)*.

F. Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen. Dies sind eigenthümliche sehr lange, selten verästelte Zellen mit verdickten Wänden, die sehr feine, oft sich kreuzende, Spiralfasern zeigen, deren Lumen an einigen Stellen oft völlig obliterirt, an andern Stellen, wo sie auffallend blasig angeschwollen sind, sehr bedeutend ist und deren Inhalt ein ächter Milchsaft ist.

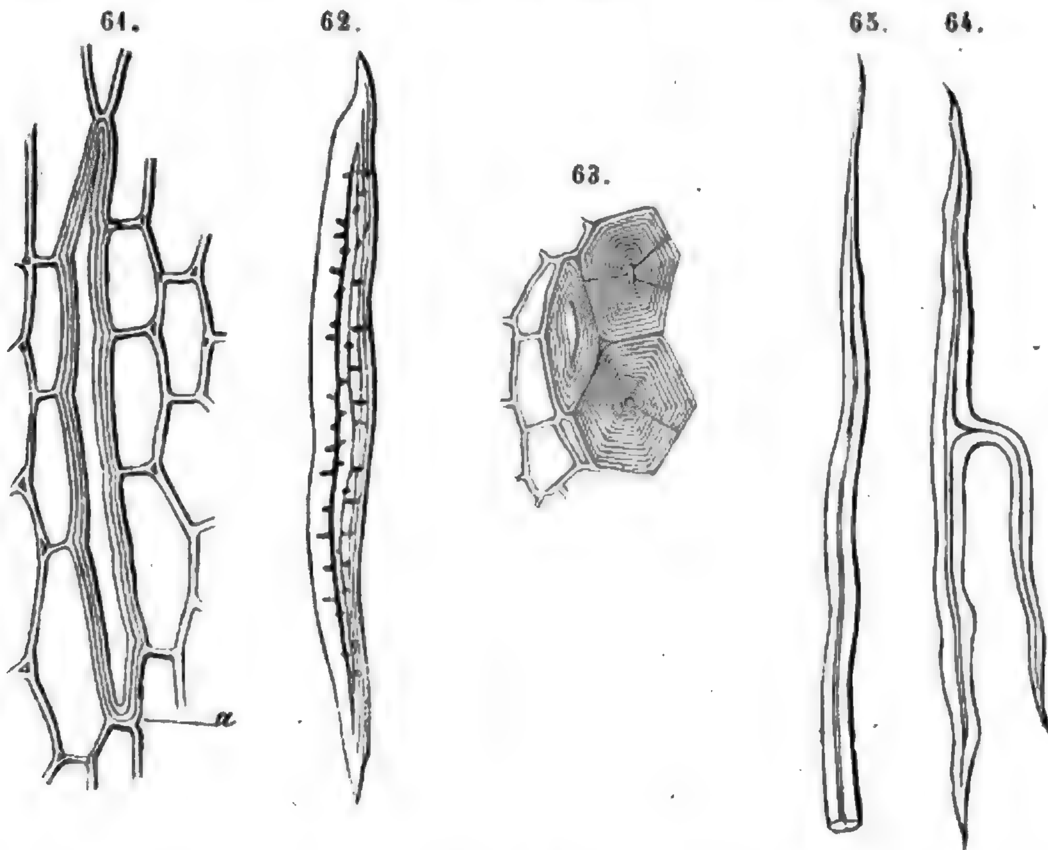
---

* *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. I, S. 220. (Botanische Beiträge Bd. I, S. 29.)

G. **Milchsaftgefässe** (*vasa lactescentia*) sind langgestreckte, häufig vielfach nach allen Richtungen hin verästelte Röhren (ob Zellen ist zweifelhaft), zuweilen mit dünnen homogenen, oft (besonders im Alter) mit schichtenweis verdickten, spiralig gezeichneten Wänden (letzteres z. B. bei den blattlosen Euphorbien), einen farblosen oder verschiedenfarbigen Milchsaft führend.

Nirgends in der Pflanzenanatomie drängen sich wohl mehr unerledigte Fragen auf, nirgends ist durch wiederholte und ausführliche Untersuchungen besonders der Entwickelungsgeschichte noch so viel zu leisten, als bei den drei im Paragraph genannten Geweben. Meine bisherigen Beobachtungen ergeben Folgendes:

Die Bastfasern sind in den jüngsten Theilen der Knospe, wo sie noch erkannt werden können, ganz kurze fast spindelförmige Zellen, die mit ihren spitzen Enden zwischen einander geschoben liegen; sowie sich der Theil, dem sie angehören, ausdehnt, dehnen sie sich auch aus, aber in bei weitem stärkerem Verhältniss, so dass sie sich immer mehr zwischen einander drängen und zuletzt der Länge nach an einander liegen. Ich bezweifle nicht, dass sie auf dieselbe Weise, wie das Prosenchym aus ursprünglich parenchymatischen Zellen entstanden sind. Von ihnen zu den langgestreckten parenchymatischen Zellen giebt es eine Menge Uebergänge, und zwar so stetig, dass man bei vielen Gebilden durchaus nicht sagen kann, welcher Form sie zugerechnet werden sollen. Solche Mittelformen kommen besonders häufig bei den Monokotyledonen in der Nähe der Gefässe vor, doch auch bei Dikotyledonen, z. B. bei einigen Cacteen (61). Sowie sie sich den kürzeren Zellen nähern, tritt auch die Configuration der Wände und zwar als porös und aus vielen scharf abgesetzten



61. Eine Mittelbildung zwischen Bast- und Parenchymzelle (*a*) aus der Rinde der verhüllten Wurzeln von *Maxillaria atropurpurea*.

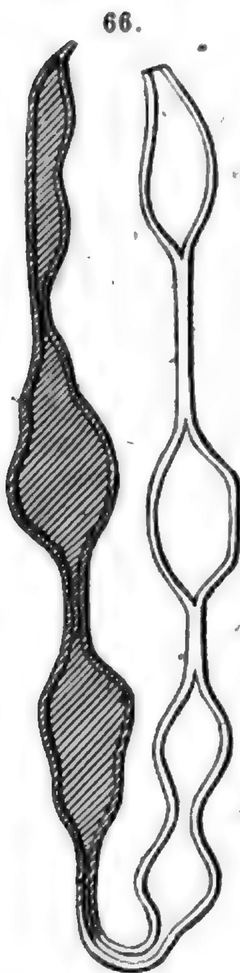
62. Eine Bastfaser kurz, dick und porös aus der *China regia*.

63. Querschnitt dreier Bastfasern und einiger Parenchymzellen aus der *China regia*. Die Bastzellen zeigen sehr schön die schichtenweise Verdickung und die zarten Porencanäle.

64. Eine verästelte Bastzelle aus dem Marke von *Rhizophora Mangle*.

65. Oberes Ende einer Blattfaser aus *Tilia europaea*.

Schichten bestehend deutlicher hervor (62, 63). Will man als wesentliches Kennzeichen festhalten, dass die Bastzellen an beiden Enden allmälig gleichförmig zugespitzt und stark verdickt sind, so gehören die von mir entdeckten* verästelten Zellen in den Fruchtknoten einiger Aroideen (bei *Monstera* und *Scindapsus*) und in dem Mark von *Rhizophora Mangle* (64) ohne Zweifel auch hierher.



Die gewöhnlichen Bastzellen sind so lang, dass man bei einigermaassen starker Vergrösserung sie niemals ganz übersehen kann (65) und nächst den Zellen einiger Charen und einigen Pollenschläuchen wohl die längsten, die bei den Pflanzen vorkommen. Einzelne Bastzellen habe ich zu 4 und 5″ bestimmt, obwohl ich keine Aufgabe daraus gemacht habe, die grössten zu finden. Die verästelten Bastzellen (64) schliessen sich eben ihrer Verästelung wegen an die folgenden Bildungen an.

Die Milchsaft führenden Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen. Ueber den Ursprung dieser Organe ist noch gar nichts beobachtet, nur so viel ist gewiss, dass sie häufig Milchsaft führen, einzeln oder in kleinen Bündeln in der Nähe, oder an der Stelle der Bastbündel liegen (welche dagegen fehlen) und zuweilen verästelt vorkommen, z. B. bei *Hoja carnosa* (nach *Meyen*), sehr schön bei *Sarcostemma viminale*. Die Configuration ihrer Wände ist ganz dieselbe, wie bei ächten alten Milchsaftgefässen.

Auffallend ist die Erscheinung des so sehr ungleichen Durchmessers ihrer Dicke und ihres Lumen. Auf die unregelmässigste Weise erscheinen sie oft perlschnurförmig angeschwollen und ebenso ist ihre Höhlung oft sehr weit, oft bis zum vollständigen Verschwinden verengt.

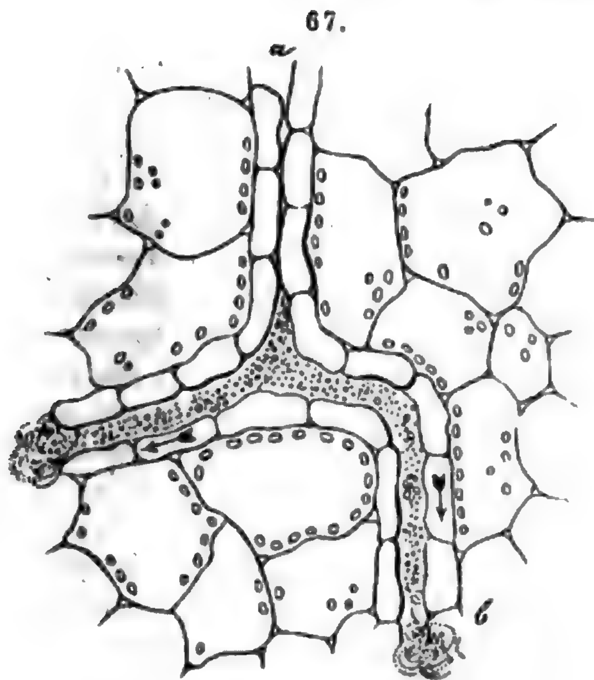
Die Milchsaftgefässe sind hinsichtlich ihres Ursprungs noch nicht völlig aufgeklärt. Sie treten zuerst auf als erweiterte Intercellulargänge und man unterscheidet keine eigne Haut, die aber so dünn sein kann, dass man sie nicht bemerkt (67). Was aber auffallend erscheint, ist, dass man ihre Haut auch an den Fugen zweier anliegenden Zellen nicht bemerkt, wo sie doch einen Intercellulargang bilden müssten, wie es alle ächten Zellen thun; auch sieht man an ältern isolirten Gefässen häufig Eindrücke und hervorspringende scharfe Kanten, so dass sie genau in die umgebenden Zellen gepasst haben müssen (69 *A*, *B*). Sie sind meist so vielfach und nach allen Seiten hin verästelt, dass es sehr selten gelingt eine Zelle in ihrem ganzen Verlauf zu übersehen (68), doch gelingt es, wenn man das Gewebe durch Salpetersäure in seine Theile zertrennt. Auch ohne dieses Mittel sieht man, dass sie sich zwar meist durch die ganze Länge eines Pflanzentheils erstrecken, aber dann oft blind geendet sind, an den Seitenästen sieht man das, zumal bei den blattlosen Euphorbien so häufig (68), dass man sich wundern muss, wie darüber nur Streit entstehen konnte. An älteren Gefässen, besonders leicht in den Stämmen der blattlosen Euphorbien unterscheidet man leicht die spiralige Streifung und die schichtenweise Verdickung der Wände (68), so dass die weitere Entwickelung dieser Bildungen doch ganz mit der der Zellen übereinstimmt. Bis jetzt hat nur ein Ungenannter** der Entstehung der Milchgefässe eine eigne vollständige Untersuchung gewidmet und glaubt ihren Ursprung ganz allgemein

66. Mittelbildung zwischen Bastzelle und Milchsaftgefäss aus der Rinde von *Ceropegia dichotoma*. Die spiralige Streifung ist in der Zeichnung nur in der einen Hälfte ausgedrückt.

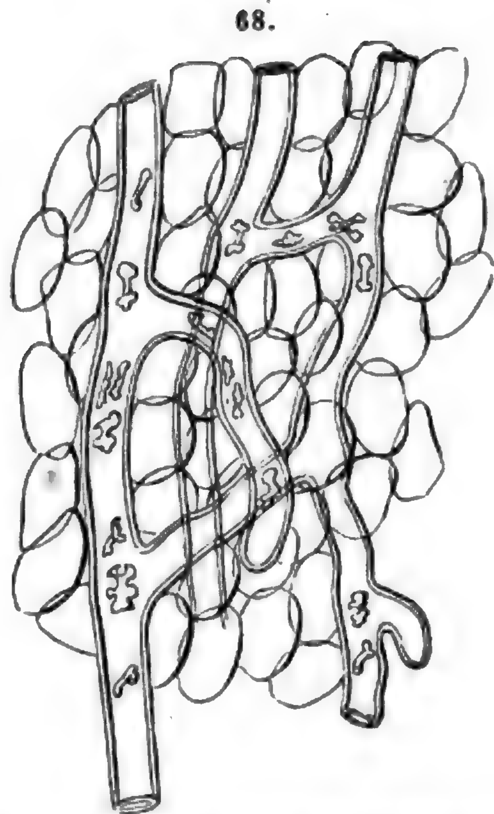
* *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. I., S. 231. (Botanische Beiträge Bd. I., S. 42.)

** Die Milchsaftgefässe, ihr Ursprung und ihre Entwickelung (in: Botanische Zeitung 1846, Sp. 833 ff.).

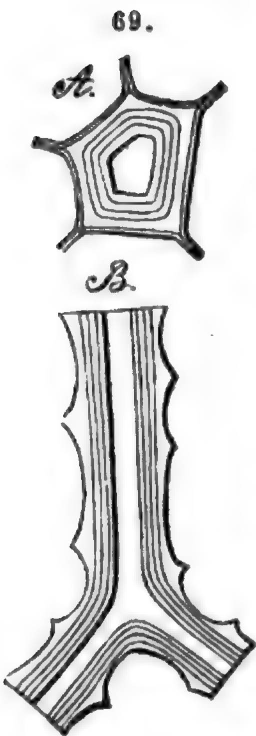
67.



68.



69.



auf erweiterte Intercellulargänge mit wasserhellem Safte zurückgeführt zu haben, in denen sich erst allmälig bald gleichzeitig mit der Bildung des Milchsaftes, bald etwas früher, bald etwas später eine Membran auf die begrenzenden Zellen ablagert.

In ihrem Verhältniss zu einander scheinen sich diese drei Formen des Gewebes sowie die Milchsaftbehälter ohne eigne Wände (vergl. §. 32. B. b. 1. β.) völlig gegenseitig zu vertreten, namentlich findet man an der bestimmten Stelle vor den Gefässbündeln des Stengels bald Milchsaftbehälter, z. B. bei *Mamillaria*, bald Bast bei *Cereus*, bald Mittelbildungen, wie bei den Apocyneen und Asclepiadeen, die bei einigen mehr den Bastzellen gleichen, bei andern, z. B. *Sarcostemma viminale*, von den Milchsaftgefässen nicht zu unterscheiden sind. Nimmt man dazu die verschiedenen Uebergänge, die zwischen den im Paragraphen genannten Geweben stattfinden, so kann man kaum zweifeln, dass allen eine gleiche Bedeutung für die Pflanze zukomme.

Geschichtliches und Kritisches. Der Bast und die Milchsaftbehälter waren schon den ältesten Beobachtern bekannt, die eignen Wände der letztern sah schon *Mirbel*, doch wurden sie durch *Schultz** genauer beobachtet, der überhaupt grössere

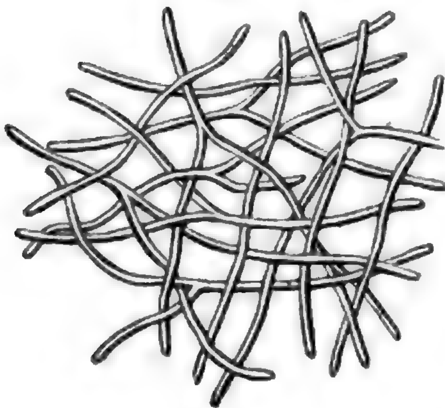
67. Milchsaftgefässe aus dem Blatte von *Limnocharis Humboldti*. Erst während der Beobachtung entleerte sich das obere Ende (bei *a*) und fiel zusammen. Die Pfeile zeigen die beobachtete Richtung des Ausströmens an. Jedes Milchsaftgefäss ist von zwei Reihen schmaler, etwas längerer Parenchymzellen (*b*) eingefasst.

68. Längsschnitt aus der Rinde von *Euphorbia trigona*, parallel den Markstrahlen. Man erkennt vielfach anastomosirende und verästelte, aber auch deutlich hin und wieder blind geendete Milchsaftgefässe und in ihnen die seltsam unregelmässigen Stärkemehlkörperchen.

69. *A*. Ein schichtenweise verdicktes Milchsaftgefäss aus einem alten Stamme (Rinde) von *Euphorbia coerulescens* im Querschnitt, nebst den Wänden der dasselbe einschliessenden Zellen. *B*. Dasselbe im Längsschnitt durch Maceration isolirt, man sieht an den Grenzen, dass sich das Gefäss genau in die Fugen der anliegenden Zellen eingedrängt hat.

* Ueber Circulation des Saftes im Schöllkraut. Berlin 1821. Natur der lebenden Pflanze. Berlin 1832.

Aufmerksamkeit erst auf diese Gebilde lenkte und durch seine mit vieler Arroganz und Selbstgefälligkeit vorgetragene, mit falschen Beobachtungen, unbegründeten Phantasien und andern Verkehrtheiten überladene Theorie einen heftigen Streit unter den Botanikern erregte. Das Hauptresultat desselben ist jetzt die allgemeiner gewordene Ueberzeugung, dass allerdings ein grosser Theil der Milchsaftgefässe eigne Wände hat. *Schultz's* Theorie über die Entstehung der Milchsaftgefässe ist ganz aus ungenügenden Beobachtungen hervorgegangen und jetzt völlig antiquirt. *Unger* meinte sie entständen aus dem Zusammenfliessen von Zellenreihen, ich glaube er wird durch jede genaue Untersuchung widerlegt. Die Entdeckung der Bastzellen der Apocyneen gehört *Mirbel* *. *Meyen* schreibt sich in seiner Physiologie (I. S. 107) die Entdeckung zu, in der citirten Stelle steht aber nichts davon. *Mohl* ** lehrte uns aber diese Bastzellen zuerst genauer kennen. Ueber die Entstehung der Bastzellen hat *Meyen* *** eine eigne Ansicht vorgetragen. Sie sollen aus dem Zusammenschmelzen von Reihen parenchymatischer Zellen entstehen, denn in der Knospe von *Aesculus* sähe man an der Stelle der späteren Bastzellen senkrechte Reihen Parenchymzellen, die ganz den Umriss der Bastzellen hätten, und beim Kochen mit Salzsäure zersprängen die Hanffasern in kleine Stücke, die genau wie jene Zellen einzeln genommen aussähen. *Meyen* hat sich die Sache wieder einmal sehr leicht gemacht. Beim Kochen mit Salzsäure erhält man Hanffaserstückchen von sehr verschiedener Länge, selbst die kürzesten sind oft noch so lang wie ein ganzes Internodium aus einer *Aesculus*-knospe. Ein solches Internodium ist höchstens $1/4$ Linie lang, eine Bastfaser der Kastanie 4—6 Zoll. Es braucht nicht mehr zur Widerlegung.



§. 28.

H. Filzgewebe (*tela contexta*) besteht aus sehr langen, dünnen, fadenförmigen, vielfach gewundenen und unter einander geschlungenen Zellen. Es ist doppelt:

a. Bei den Pilzen als ein ganz weiches für das Gefühl fast talgartiges und leicht zerfliessliches Zellgewebe.

b. Bei den Flechten als ein dürres, zähes, aus gabelig verästelten Zellen gefilztes Gewebe.

§. 29.

1. Epidermoidalgewebe (*tela epidermoidea*) ist im Allgemeinen die äusserste Zellenschicht einer Pflanze, soweit sie durch Form oder Inhalt sich von dem, was sie bedeckt, unterscheiden lässt, und kommt nur bei den höheren Kryptogamen und Phanerogamen vor. Man muss unterscheiden:

a. Die Oberhaut, eine continuirliche Zellenschicht. Diese ist eine dreifache nach den Medien, worin sie sich entwickelt:

1. Epithelium. Höchst zartwandige mit homogenem, durchsichtigem, ungefärbtem Safte erfüllte Zellen, die der Fläche nach, ohne Intercellulargänge zu bilden, aneinander schliessen. Bei sich bildenden Pflanzentheilen immer vorhanden,

70. Filzgewebe aus der sogenannten Markschichte der *Cetraria islandica* auf einem Schnitt parallel der Fläche.

* *Annales des sciences nat.* 1835. *I. p.* 143.

** Erläuterung meiner Ansicht über Structur der Pflanzensubstanz. Tübingen 1836. S. 22.

*** *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. 2, S. 26.

länger bleibend nur in geschlossenen Höhlen, z. B. im Fruchtknoten, es ändert sich später meist um, entweder in

2. Epiblema, etwas derbwandige, nach Aussen abgeplattete, aber sonst nicht sehr flache Zellen ohne nach Aussen mündende Intercellulargänge, die sich im Wasser oder in der Erde entwickeln, oder in

3. Epidermis. Diese besteht aus meistentheils sehr flachen tafelförmigen Zellen, deren Wände besonders nach der Seite und nach Aussen derber zu sein pflegen. Sie schliessen sich überall eng aneinander, nur an bestimmten Stellen bleibt bei den meisten Pflanzen ein Intercellulargang, durch den die Intercellulargänge oder -räume des darunter liegenden Parenchyms frei mit der Luft communiciren können. An der innern Mündung dieses Intercellularganges lagern sich (mit Ausnahme von *Salvinia* und *Marchantia*) zwei halbmondförmige, mit den concaven Seiten sich zugekehrte Parenchymzellen, die je nach ihrer augenblicklichen Turgescenz eine grössere oder kleinere Spalte zwischen sich lassen, oder eng zusammen liegen und so den Intercellulargang verschliessen. Diese beiden Zellen sammt dem Intercellulargang nennt man Spaltöffnung (*stoma*).

b. Die appendiculären Organe, welche alle sich über die Fläche erhebenden aus Zellen bestehenden Gebilde umfassen. Hierher gehören:

1. Papillen (*papillae*), blosse Ausdehnungen der äusseren Zellenwand entweder als kleine Hügel (besonders auf Blumenblättern), oder als Blasen (z. B. *Mesembryanthemum crystallinum*), oder als scheinbare Haare (z. B. die sogenannten Wurzelhaare).

2. Haare (*pili*), aus einer oder mehreren dünnwandigen der Epidermis aufgepflanzten Zellen von sehr verschiedener Form und Anordnung bestehend. Beispiele sind einfache Haare (*pili simplices*), verästelte Haare (*p. ramosi*), sternförmige Haare (*p. stellati*), Schüppchen (*lepides*), geknöpfte Haare (*p. capitati*), Drüsenhaare (*p. glanduliferi*), wenn die oberen Zellen einen eigenthümlichen Saft absondern u. s. w.

3. Borsten (*setae*), steife, dickwandige, stechende Zellen.

4. Brennhaare (*pili urentes*), steife, dickwandige, entweder in eine Spitze oder in ein oft zur Seite gebogenes Knöpfchen auslaufende und an der Basis dünnwandigere, keulenförmig angeschwollene, von einer Anzahl warzenförmig über die Epidermis sich erhebender Zellen umschlossene Zellen, die meistens einen ätzenden Saft enthalten.

5. Stacheln (*aculei*), aus mehreren steifen, dickwandigen, fest verbundenen Zellen, die eine scharfe Spitze bilden, bestehend.

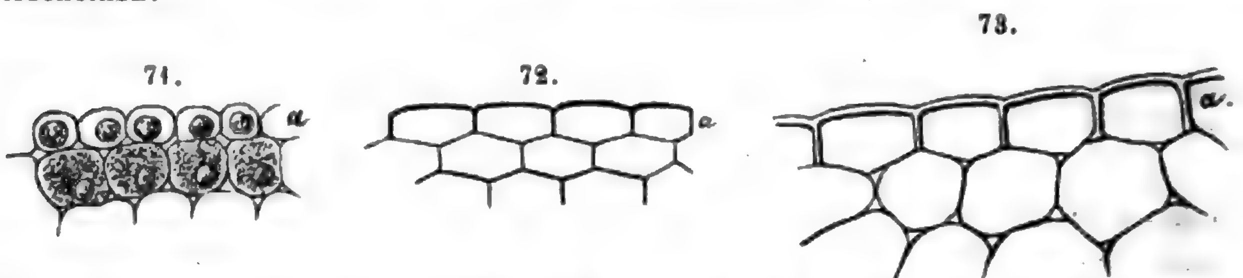
6. Warzen (*verracae*), aus mehreren derben Zellen halbkugelig oder ähnlich zusammengesetzt.

c. Korksubstanz (*suber*). In den Epidermiszellen sammelt sich oft ein grumöser Stoff, aus welchem sich flache, tafelförmige Zellen entwickeln, die Epidermiszellen sprengen und dann zum Theil das bilden, was wir Borke, oder wo es stark entwickelt und elastisch ist, auch wohl Kork nennen, z. B. an saftigen Früchten, besonders aber an Stengeln vom zweiten Jahre ihres Lebens an, auffallend bei *Quercus suber*.

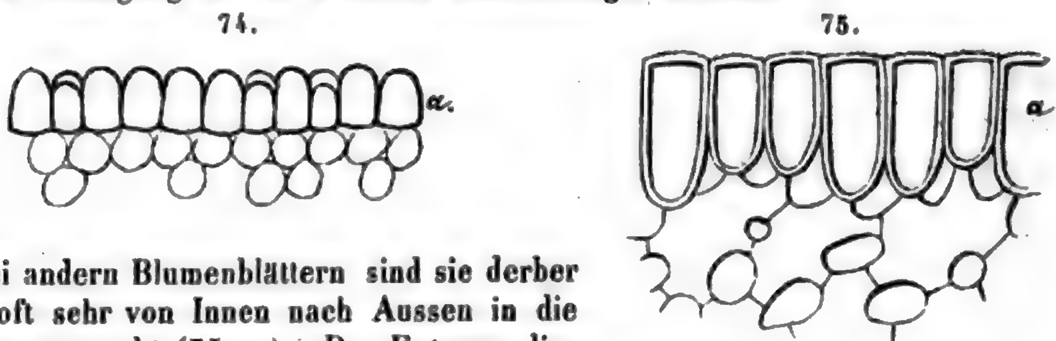
d. Wurzelhülle (*velamen radicum*). Bei den meisten tropischen Orchideen und einigen Aroideen liegt auf der Epidermis der Wurzeln (Adventivwurzeln) eine Schicht, welche gewöhnlich ganz aus den zierlichsten Spiralfaserzellen besteht, deren Inhalt nur Luft ist.

Der Streit über die Natur der Epidermis, der lange Zeit die Wissenschaft bewegt hat, war nur zu einer Zeit möglich, wo trotz aller anschaulichen Erkenntniss doch die Begriffe über die Elementarstructur der Pflanzen noch sehr dunkel und schlecht geordnet waren, und wo man nach an sich falscher Analogie falsche Begriffe von der thierischen Epidermis auch auf die Pflanze übertrug.

Wenn sich bei einer phanerogamen Pflanze irgend ein Theil aus dem Zustande des Cambiums hervorbildet, ist das Erste, was mit leicht erkennbarer Zellenstructur uns entgegentritt, eine Schicht aus einer oder mehreren Lagen zartwandiger, mit homogenem, wasserhellem Saft gefüllter Zellen bestehend, die den sich entwickelnden Theil nach Aussen abgrenzt und bedeckt. Diese sich als Zellen verschiedener Bedeutung ankündende Schicht nenne ich Epithelium (71, *a*). Ganz dasselbe findet man bei den sogenannten kryptogamischen Gefässpflanzen (Farnkräutern, Lycopodien, Equiseten, Rhizocarpeen). Auch bei den höheren Lebermoosen (Marchantiaceen) kommt ein Gleiches vor. Dies Epithelium bildet sich aber nach den verschiedenen darauf wirkenden äusseren Einflüssen sehr verschiedenartig aus. Nur in wenig Fällen, wo es durch andere Pflanzentheile in einer Höhle eingeschlossen gehalten wird, behält es längere Zeit seine Natur als Epithelium bei, z. B. im Fruchtknoten; an der Luft, in Wasser und Erde verändert es sich mehr oder weniger, besonders insofern die Zellen derber werden und sich an der Aussenfläche abplatten (72, *a*), was am meisten in der Luft geschieht (73, *a*), weshalb die meisten Epidermiszellen tafelförmig oder bandförmig erscheinen.



Die verschiedenen Erscheinungsweisen sind hier aber ausserordentlich mannigfaltig. Am zartesten sind die Oberhautbildungen bei den sammtartig glänzenden Blumenblättern, wo sich die einzelnen Zellen papillenartig nach Aussen erheben (74, *a*) und so den Uebergang zu den einfachen Haarbildungen machen.



Bei andern Blumenblättern sind sie derber und oft sehr von Innen nach Aussen in die Länge gestreckt (75, *a*). Das Extreme die-

71. *Epithelium* (*a*) von der Saamenknospe der *Tradescantia crassula* mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. Jede Zelle zeigt noch den relativ grossen Cytoblasten. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

72. *Epiblema* (*a*) der Wurzel von *Spirodela polyrrhiza* mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

73. *Epidermis* (*a*) der oberen Blattfläche von *Tradescantia discolor* mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

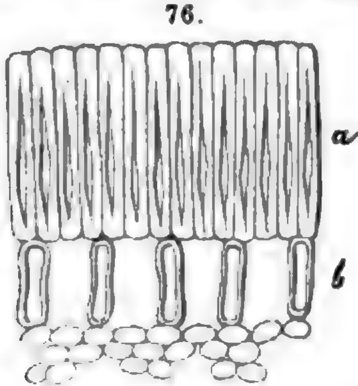
74. Papillöses Epiblema (*a*) von der unteren Fläche der Blumenblätter von *Iris variegata* nebst einigen darunter liegenden Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

75. Epiblema (*a*) der unteren Fläche der Blumenblätter der weissen Rose; die äussere Fläche der Zellen ist mit zarten Riffeln versehen (*aciculatus*). Darunter liegen einige Zellen des schwammförmigen Parenchyms. (Schnitt senkrecht auf die Fläche).

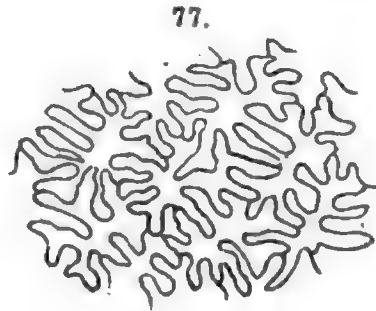
ser beiden Merkmale tritt bei der Epidermis einiger Saamen, insbesondere der Leguminosen ein. Hier sind die Zellen ganz lang cylindrisch von Innen nach Aussen gestreckt und oft auf einzelne Strecken bis zum Verschwinden des Lumen verdickt (76, *a*).

Erst bei der allmäligen Entwickelung der Oberhaut tritt die ungleichförmige Ernährung der Seitenwände auf, wodurch rundliche oder spitze Vorsprünge gebildet werden, die bei benachbarten Zellen ineinandergreifen, so dass die Grenze beider als Wellenlinie erscheint. Auch hier findet in dem mehr oder weniger dichten Aneinanderschliessen der einzelnen Zellen (77) in der Grösse der welligen Ausbiegungen, in

76.

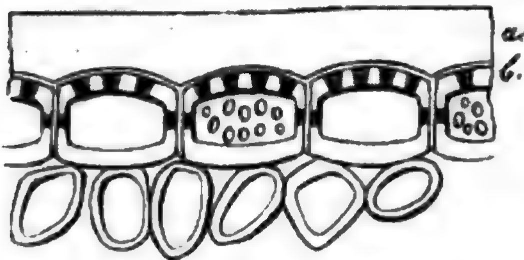


77.



der Abrundung oder Begrenzung derselben durch geradere Linien u. s. w. eine grosse Mannigfaltigkeit statt. Immer aber charakterisiren sich die Oberhautzellen dadurch, dass sie durch ihren Inhalt scharf von den darunter liegenden Zellen verschieden sind und einen durchsichtigen, farblosen oder gefärbten Saft, niemals aber, wie es in vielen Handbüchern nach einem seltsamen, durch den flüchtigsten Blick zu widerlegenden Vorurtheile heisst, Luft führen. Zu bemerken ist hier noch die sehr verschiedene Configuration der Zellenwände der Oberhaut. Eine gewöhnliche Erscheinung ist, dass ihre Wände nach Aussen und den Seiten stärker verdickt sind, als nach Innen (72. 73), wo sie dem Parenchym angrenzen (z. B. Saamenepidermis von *Asparagus officinalis*). Vielfach kommen Spiralbildungen in denselben vor entweder ohne Gallerte (Saamen von *Hydrocharis morsus ranae*), oder mit Gallerte (in dem Pericarpium von *Salvia verticillata*)*. Oefter noch sind die Oberhautzellen porös und zwar nicht selten nach den Seiten hin, wo sie unter einander sich berühren (z. B. am Blatt von *Epidendron elongatum*), oder nach den Parenchymzellen hin (z. B. am *Melocactus*-stamm), höchst selten aber nach Aussen, doch kommt dies merkwürdige Verhältniss vor an den Blättern von *Abies*; hier hat jede der dickwandigen Oberhautzellen drei bis vier Reihen von Porencanälen, die nach Aussen verlaufen und in einer kleinen rundlichen Höhle endigen. Aehnliches findet sich bei *Cycas* (78).

78.



Die Zellen des Epitheliums schliessen so fest aneinander, dass zwischen ihnen kein sich nach

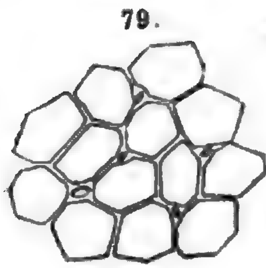
76. Epiblema (*a*) des Saamens von *Lupinus rivularis* aus langen stehenden, stark verdickten Zellen. Darunter eine Lage ganz vereinzelter Zellen (*b*) und dann einige Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

77. Epiblema der Blumenkrone von *Goldfussia anisophylla*. Die sehr flachen Zellen sind ausserordentlich unregelmässig begrenzt und sehr zierlich in einander gefugt. (Schnitt parallel der Fläche.)

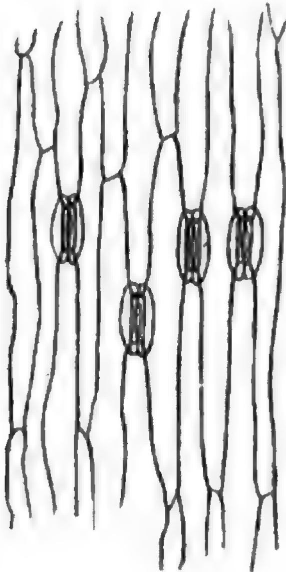
78. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Cycas revoluta*. Die Oberhautzellen (*b*) sind nach den Seiten und nach Aussen porös. Aussen mit der Absonderungsschicht *a* bedeckt.

* Vergl. meine Beiträge zur Phytogenesis in *Müller's* Archiv 1838, S. 151 ff. Meine Beiträge zur Botanik, Bd. 1. S. 134 ff.

79.



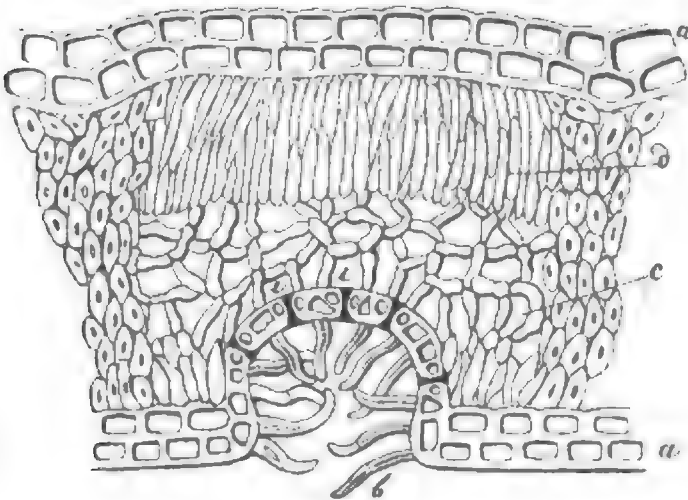
80.



Aussen öffnender Intercellulargang sich befindet. Nur wenn sich das Epithelium an der Luft zur Epidermis entwickelt, so weichen die Zellen bei ihrer allmäligen Ausdehnung an den Kanten auseinander und bilden Intercellulargänge, entweder fast überall wie bei *Salvinia* (79), oder nur an bestimmten Stellen wie bei den übrigen Pflanzen (80); zuweilen nur gruppenweise, während der übrige Theil der Oberhaut auf grösseren Strecken von diesen Intercellulargängen frei bleibt (*Saxifraga sarmentosa*)*; zuweilen in bestimmten vertieften, von Haaren umgebenen und versteckten Stellen der Oberhaut (wie bei *Nerium Oleander*, *Banksia* (81, 82) und *Dryandra spec.*). Dieser Intercellulargang wird bei seiner Bildung von einer einfachen Zelle gegen das Innere des Blattes zu verschlossen. Bei der weiteren Entwickelung bilden sich aber in dieser Zelle, die später resorbirt wird, zwei neue Zellen**, die allmälig eine halbmondförmige Gestalt annehmen und mit den concaven Seiten sich zugewendet eine Spalte zwischen sich lassen, durch welche sich der Intercellulargang in das Parenchyma mündet, in welchem gewöhnlich gerade an dieser Stelle ein grösserer Intercellularraum oder doch ein Intercellulargang, der in einen solchen führt (*Nymphaea*), befindlich ist. Die halbmondförmigen Zellen fehlen bei *Salvinia* und bei den Marchantiaceen***, kommen aber bei einigen Proteaceen doppelt und dreifach vor****.

Auch hier finden sich noch zahllose Verschiedenheiten, die insbesondere die Lage der Spaltöffnungszellen zu dem Intercellulargang und die Anordnung der den Intercellulargang bildenden Oberhautzellen betreffen und oft dazu geeignet sind, Familie und Geschlecht danach zu bestimmen, so z. B. bei den Cacteen, Gräsern, Aloe, Tradescantia etc. In ersterer Beziehung liegen die Spaltöffnungszellen bald etwas nach Aussen ge-

81.



Z. 79. Epidermis der obern Blattfläche von *Salvinia natans*. (Schnitt parallel der Fläche.) Man bemerkt die Spaltöffnungen in der einfachsten Form als Intercellulargänge zwischen den Oberhautzellen.

80. Abgezogene Epidermis von einem Allium mit vier Spaltöffnungen.

81. Querschnitt durch das Blatt von einer *Banksia*. *a a* ist die Epidermis unter welcher auf beiden Seiten noch eine Lage heller Zellen liegt. *c* ist das schwammförmige Zellgewebe der unteren, *d* das gestreckte stehende Zellgewebe der oberen Blatthälfte, rechts und links sind Bastbündel quer durchschnitten. Bei *a* ist ein Querschnitt durch eines der Grübchen der untern Blattfläche, die mit Haaren ausgekleidet sind und auf deren Grunde sich die eigentlichen Spaltöffnungen (*e*) befinden.

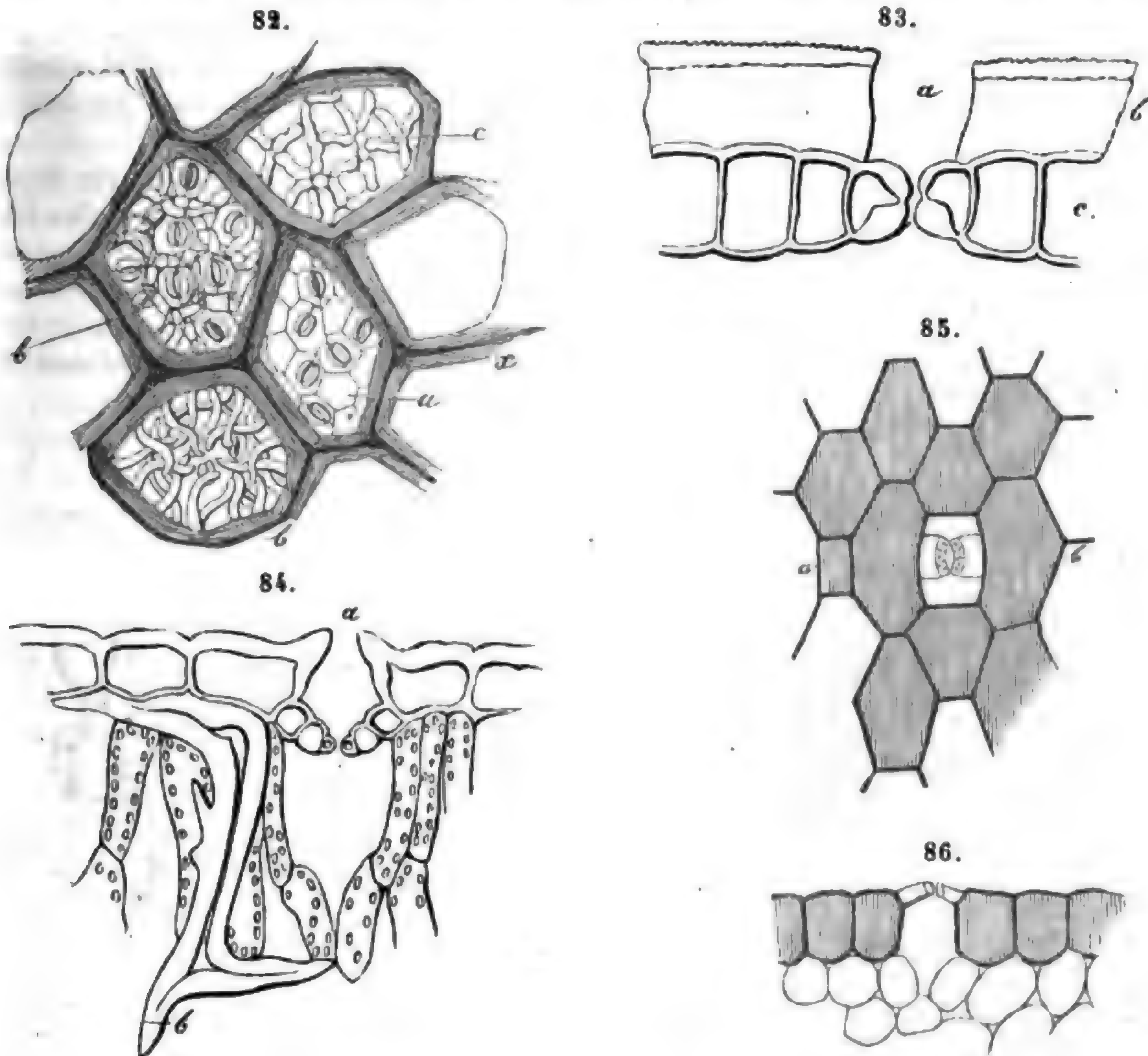
* Hier sind die Oberhautzellen polygone Platten, nur wo die Spaltöffnungen liegen, sind auch die umgebenden Zellen mit welligen Rändern versehen.

** *v. Mohl*, Entwickelung der Spaltöffnungen (in: Vermischte Schriften. 1845, S. 252 ff.).

*** Hier ist der Intercellularraum von eigenthümlich flaschenförmig-papillösen Zellen begrenzt.

**** Vergl. auch *H. Mohl*, Ueber die Spaltöffnungen der Proteaceen in *N. A. A. L. C. N. C. T. XVI. P. 2.*

rückt, den Oberhautzellen mit ihren Rändern auf, oder sie liegen mit ihnen in gleicher Ebene (83) oder sie liegen ganz am unteren Rande der Epidermiszellen (84). In Be-



82. Ein Schnitt parallel der unteren Fläche des Blattes von einer *Banksia*, nachdem vorher durch einen möglichst zarten Schnitt die Oberhaut entfernt war. *x* sind die das Blattnetz bildenden Gefässbündel. *a*, *b*, *b* sind drei Grübchen, die ein sehr verschiedenes Ansehen zeigen, je nachdem der Schnitt, durch welchen die Epidermis entfernt wurde, mehr oder weniger von dem darunter Liegenden mit fortnahm. Das untere *b* zeigt das Grübchen noch mit den auskleidenden Haaren, im Grunde scheinen die Spaltöffnungen durch. Bei *a* ist der Grund des Grübchens mit den Spaltöffnungen blossgelegt, eben so beim oberen *b* nur mit dem Unterschied, dass hier noch das darunter liegende schwammförmige Parenchym durchscheint. Bei *c* ist selbst die den Grund des Grübchens auskleidende Epidermis weggeschnitten und das schwammförmige Zellgewebe blossgelegt.

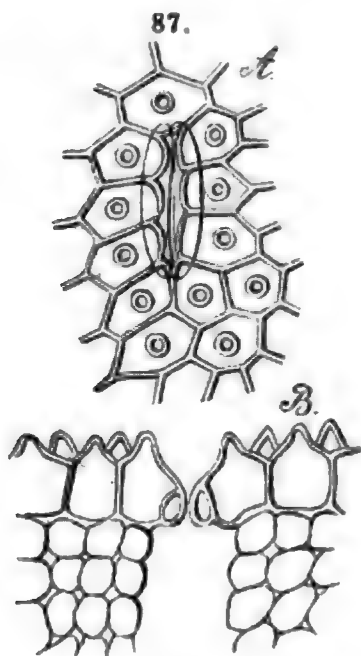
83. Schnitt senkrecht durch die Oberhaut des Blattes einer Baumnelke. *c* Epidermiszellen bedeckt mit der Absonderungsschicht *b*, welche zu äusserst aus einer dichteren Lage gebildet wird. *a* Eingang durch die Absonderungsschicht zur Spaltöffnung.

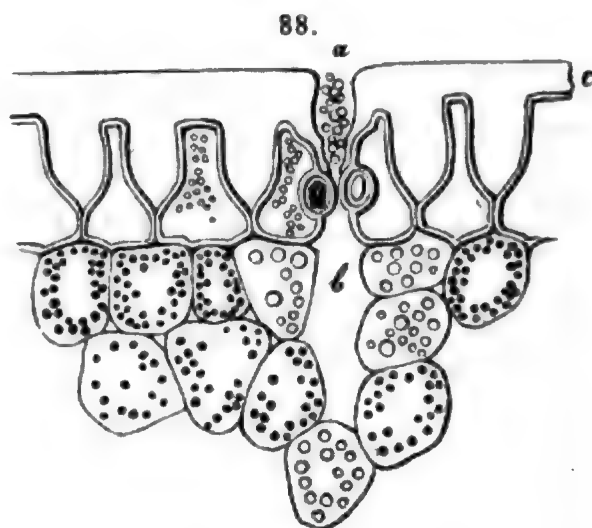
84. Schnitt senkrecht auf der Fläche des Blattes von *Hackea amplexifolia*. Die Spaltöffnung (*a*) bildet eine grössere Höhle, die nach unten an jeder Seite von zwei Zellen geschlossen wird, welche dann die eigentlichen Spaltöffnungszellen zwischen sich aufnehmen. Das lockere Blattparenchym enthält viele seltsam monströse dickwandige Zellen (*b*).

85. Epidermis von der untern Blattfläche der *Tradescantia discolor* mit einer Spaltöffnung (Schnitt parallel der Fläche); die schraffirten Zellen enthalten einen dunkelrothen Saft. Die beiden Spaltöffnungszellen sind von vier regelmässig gestellten Zellen mit wasserhellem Inhalt umgeben. Ein Schnitt senkrecht auf die Fläche in der Richtung *a*—*b* giebt die Ansicht Fig. 86. Man sieht hier, dass die mit rothem Saft gefüllten Oberhautzellen eine Lücke lassen, welche nach Aussen durch die sehr flachen wasserhellen Zellen und durch die mit Chlorophyll erfüllten Spaltöffnungszellen geschlossen wird.

treff der Anordnung finden wir häufig die unmittelbar dem Intercellulargang anliegenden Zellen anders gefärbt und flacher, den Intercellulargang selbst von mehr oder weniger Zellen gebildet. Gewöhnlich sind es 4 Zellen die ihn begrenzen, bei den Marchantien, bei *Cycas* und am Grunde der Blätter von *Nelumbium* (87) aber eine bei weitem grössere Anzahl. Meist liegen die Oberhautzellen selbst wenigstens mit den anderen in einer Fläche; bei *Marchantia* und *Cycas* erheben sie sich aber zu einer halbkugeligen an der Spitze geöffneten Warze.

Zuweilen findet man hier eine Verkrüppelung, die bei den Blättern der Opuntien fast gesetzmässig wird, dass sich nämlich drei bis fünf halbmondförmige Zellen bilden, die ziemlich regellos aneinandergedrängt sind. Der Inhalt der Spaltöffnungszellen gleicht fast ohne Ausnahme dem der darunter liegenden Parenchymzellen, selten oder nie den Oberhautzellen; nur wenige Fälle (*Agave lurida*, *Aloe nigricans* (88) und einige andere) sind mir bekannt, wo ein auffallender Stoff, nämlich Oel und Harz, darin vorkommt.





Zum Theil sehr abweichende Erscheinungen bietet die Epidermis der Wurzeln tropischer Orchideen und Aroideen dar. Hier liegen die sehr abweichenden Spaltöffnungszellen stets nach Aussen auf der Epidermis und gehören nicht dem Parenchym der Rinde, sondern der Wurzelhülle an. Am regelmässigsten und gewöhnlichsten ist die Form dieser innern Spaltöffnungen bei *Pothos crassinervis*, höchst complicirt und abweichend bei *Aerides odorata*, bei verschiedenen andern bald deutlicher hervortretend, bald weniger auffallend, aber immer erkennbar.

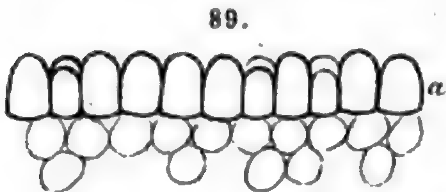
87. *A* Epidermis aus der Mitte der oberen Blattfläche von *Nelumbium speciosum*, mit einer Spaltöffnung. (Schnitt parallel der Fläche.) Die Epidermiszellen erheben sich in der Mitte in eine Papille, welche von der Fläche gesehen als Ring erscheint. Die Spaltöffnung selbst wird hier von 9 anliegenden Epidermiszellen gebildet, unter dieser Oeffnung liegen aber zwei ganz gewöhnliche halbmondförmige Spaltöffnungszellen. Zur Erläuterung kann der Schnitt *B*, welcher senkrecht auf die Fläche genau durch die Spaltöffnung geführt ist, dienen.

88. Ein Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Aloe nigricans*. *a* Canal der Spaltöffnung mit orangefarbenen Harzkörnern erfüllt. *b* Höhle unter der Spaltöffnung von Zellen begrenzt, die theils Chlorophyllkörner (in der Zeichnung schwarz), theils rosenrothe oder orangenfarbene Harzkörner enthalten. Die papillösen Oberhautzellen sind mit hellem oder dunkelrothem Saft und zum Theil mit rosenrothen Harzkörnern erfüllt. Von den beiden Spaltöffnungszellen enthält eine Chlorophyll, eine ein einziges grosses hellgelbes Harzkörnchen. *c* ist die Absonderungsschicht der Epidermiszellen.

Historisches und Kritisches. Die Ausbildung der Lehre von der Oberhaut hing sehr von den genauen Untersuchungen ab, die wir fast allein erst in diesem Jahrhunderte genügend erhalten haben. Dennoch wurde viel missverstanden, auch Vieles wenigstens von Einzelnen schlecht beobachtet. Die wichtigsten Mitarbeiter sind *Kroker*, Vater* und Sohn**, *Treviranus****, *Meyen*****, *Brogniart*†, *Unger*†† und *Mohl*†††. Die Ansicht von *Brogniart*, dass die Epidermis eine zarte structurlose Membran sei, kann erst später gewürdigt werden (§. 69). In neuerer Zeit haben einige Botaniker statt des Wortes Spaltöffnung (*stoma*) den Ausdruck Hautdrüse angenommen, hier, wie so häufig mit den Worten in der Wissenschaft nur spielend. Nach meinen Untersuchungen darf ich dreist behaupten, dass die beiden halbmondförmigen Zellen (ausser in ihrer Form und Lage), namentlich in ihrem Inhalt und in ihrer Function bei wenigstens zwei Drittheil aller Pflanzen nicht von den gewöhnlichen Zellen des Blattparenchyms abweichen, aber wenn man mir nur beweisen kann, dass von dem übrigen Drittheil auch nur bei 50 Pflanzen diese Zellen eine entschiedene Drüsennatur haben, so will ich gern den durchaus unpassenden Ausdruck annehmen. Mit der sogenannten dunkeln Materie, die in den Spalten vorkommen soll, ists aber, wenige Fälle ausgenommen, nichts; wer die Geduld zu gründlicher Untersuchung hat, kann sich überzeugen, wie das Wasser die in die Spalte eingeschlossene Luft absorbirt und die Spalte rein zurücklässt; ein geübter Beobachter sieht freilich ohnehin Luft nicht für feste Substanz an††††.

Appendiculäre Organe. Wenn auch die Oberhaut im Allgemeinen der Theil ist, der am frühesten aufhört entwickelungsfähig zu sein, so bleibt sie es doch häufig wenigstens an bestimmten Stellen. Die einfachste Form ist die blosse Ausdehnung der äusseren Zellenwand als längere oder kürzere Papille, welche den Blumenblättern ihren Sammtglanz (89), den Wurzeln so oft ein haariges Ansehen verleiht. Häufig findet diese Papillenbildung aber nur an bestimmten Zellen statt (90) und in den Papillen entwickeln sich zwei bis fünf Zellen, die anfänglich rundlich sind, allmälig sich in die Länge strecken und so ein zelliges der Epidermis aufgepflanztes Haar darstellen. Dies ist eine ziemlich allgemeine Entwickelungsweise der Haargebilde, wofür indess noch ausführliche Untersuchungen zu machen sind†*. Oft tritt nur eine einzelne Zelle über die Fläche der Oberhaut hervor als einfaches Haar oder höchst mannigfaltige Formen bildend, z. B. sehr häufig zum Köpfchen anschwellend (90, 93) oder in Aeste auswachsend (92), wie die Haare an einigen *Malpighia*-arten und an *Rhamnus*, die aus einer Zelle bestehen, welche sich gleich auf der Fläche in zwei Aeste ausdehnt, die der Oberhaut fest angedrückt sind, ferner die merkwürdigen vierarmigen Zellenpaare in den Luftblasen der *Utricularia*. Dies sind anfangs zwei nebeneinanderliegende runde Zellen, dann wachsen sie in zwei kurze Stiele aus, die sich wieder zu Köpfchen ausdehnen und endlich jede zwei Arme, einen

89.



70. Papillöses Epiblema (*a*) von der untern Fläche der Blumenblätter von *Iris variegata* nebst einigen darunter liegenden Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

* *De plantarum epidermide. Halae* 1800.

** *De plantarum epidermide. Breslau* 1833.

*** Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Göttingen 1811.

**** Phytotomie. S. 67 ff.

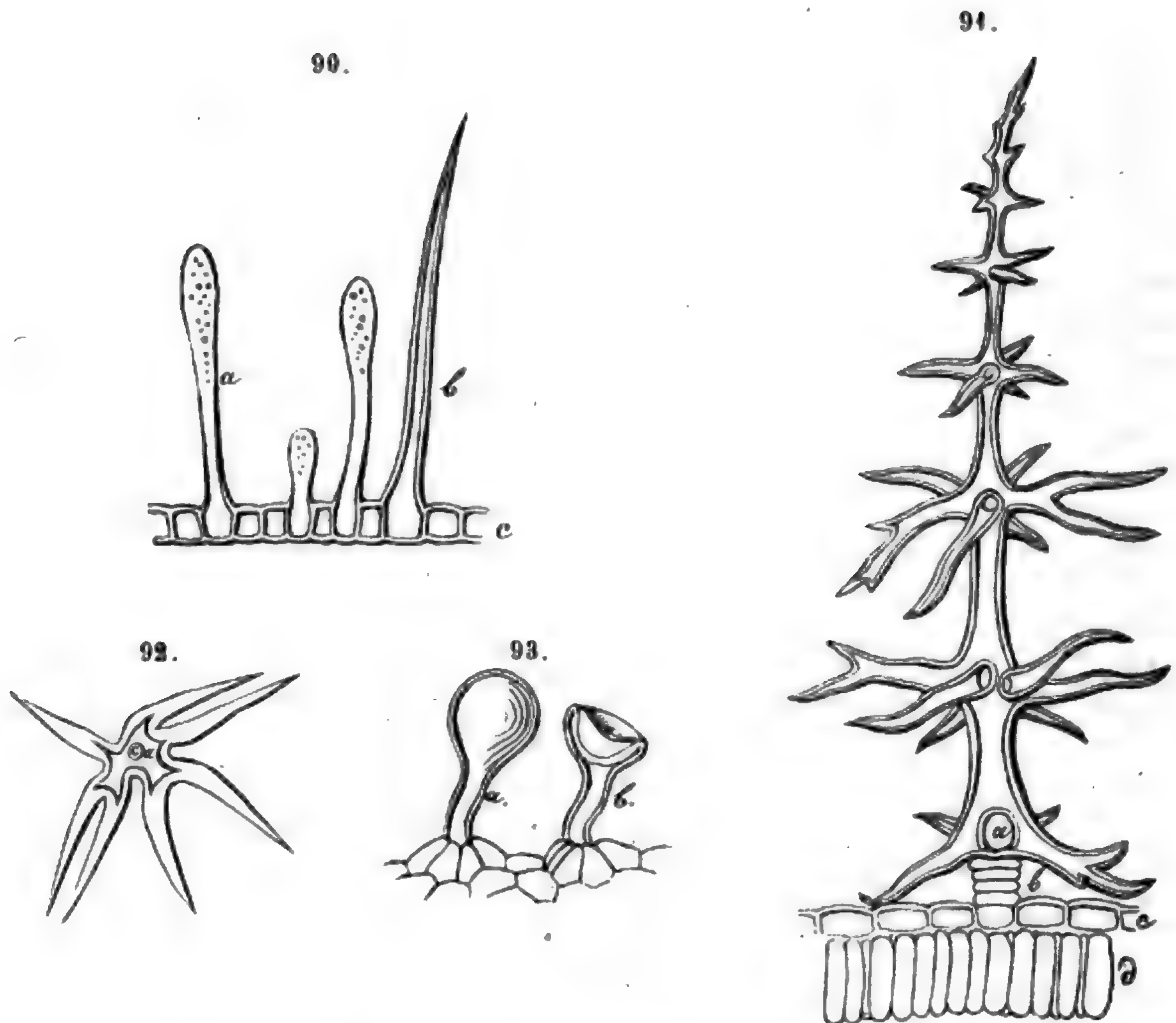
† *Annales des sciences nat. Vol. XXI.*

†† Die Exantheme der Pflanzen. Wien 1833.

††† Am angef. Ort.

†††† Vergl. meine Bemerkungen in *Wiegmann's* Archiv 1838, Bd. I, S. 56. (Botanische Beiträge Bd. I, S. 10 ff.)

†* Vergleiche die Kupfertafel mit der Erklärung.



kurzen und einen langen, hervortreiben. Oder es bilden sich mehrere Zellen für ein Haar. Auch dann wächst oft eine Zelle in Aeste aus (91). Auch unter den zusammengesetzten Haaren sind die Köpfchen tragenden ausserordentlich häufig; entweder besteht der Stiel aus einer Zelle, oder aus einer Zellenreihe (94, *b*), oder aus mehreren, ebenso das Köpfchen, welches oft grün ist, oft gefärbt, oft eigenthümliche Säfte enthält und absondert*. Zuweilen zeigen sich sogar einzelne Spiralgefässe in den Haaren, z. B. bei *Drosera*. Höchst merkwürdig unter den Anhängen der Oberhaut sind die Brennhaare. Diesen liegt eigentlich ein allgemeiner sehr weit verbreiteter Typus zu Grunde, welcher darin besteht, dass sich ein Theil der Oberhautzellen warzenförmig über die Fläche erhebt und den Grund einer einzelnen in die Länge gestreckten Zelle umfasst (95; 94, *a*). Durch die schichtenweise Verdickung der Haar-

90. Epidermis (*c*) mit einfachen Haaren von dem Stengel einer *Oenothera*, *a* kolbig angeschwollene, *b* zugespitzte Haare.

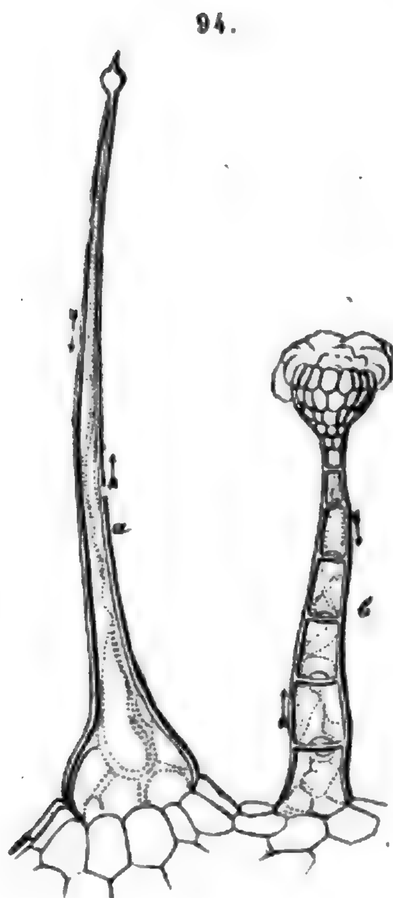
91. Epidermis (*c*) und darunter liegendes Parenchym (*d*) der obern Blattfläche von *Alternanthera axillaris* nebst einem Haare. Dies besteht zu unterst aus einigen flachen auf einander gesetzten Zellen (*b*) und einer vielfach verästelten dickwandigen Zelle, die von jenen getragen wird. Bei (*a*) war ein Ast der Zelle durch den Schnitt entfernt.

92. Sternförmiges Haar aus einer Zelle gebildet, von *Alyssum rostratum*, *a* der Befestigungspunkt des Haares. (Flächenansicht.)

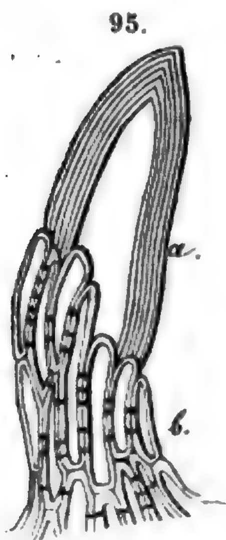
93. Theil der Blattoberhaut mit zwei Haaren von *Helleborus foetidus*. (Seitenansicht.) Jedes Haar (*a*) besteht aus einer einfachen Zelle, die nach oben kopfförmig anschwillt und den übelriechenden Stoff zu enthalten scheint. Allmälig entleert sich das Haar und stülpt sich von oben ein, wie man ganz deutlich bei *b* beobachten kann.

* Der ganze Begriff der Drüse hat mir aber bei den Pflanzen keinen Sinn und deshalb mache ich hier wie anderswo keinen Unterschied.

94.



95.



zelle und die Porosität der Oberhautzellen ausgezeichnet findet sich diese Bildung am *Dipsacus* (95). Gewöhnlich ist die Haarzelle im untern von der Oberhaut umschlossenen Theile blasenförmig angeschwollen und viel zartwandiger, im oberen freien Theile spitz zulaufend und dickwandiger; häufig auf der Oberfläche mit spiralig angeordneten Wärzchen und erhabenen Streifen besetzt. In dieser Form kann man sie für die Urticeen (*Juss.*), für die Borragineen, die Cucurbitaceen und Loaseen charakteristisch nennen. Höchst interessant ist der Mechanismus der Brennhaare im engeren Sinne, bei *Urtica*, *Wigandia urens* (94), den Loaseen etc. Fast alle wirklich brennenden Haare enden in einer kleinen knopfförmigen Anschwellung und sind besonders an der Spitze äusserst spröde, so dass bei der Berührung leicht das Knöpfchen abbricht, die nun geöffnete Spitze in den berührenden Körper eindringt und der durch den Widerstand auf die blasenförmige Anschwellung am Grunde ausgeübte Druck einen Theil des giftigen Inhaltes hervortreibt. Unsere einheimischen Nesseln sind noch die wenigst bösartigen, viel empfindlicher schon brennen die Loaseen, aber am schärfsten ist das Gift in den ostindischen Nesseln entwickelt, wo *Urtica crenata* und *crenulata* heftige, Wochen und Monate lang anhaltende Schmerzen erregen. Die allergefährlichste ist aber *Urtica urentissima Blume*, auf Timor *Daoun setan* (Teufelsblatt) genannt. Jahre lange Schmerzen, die besonders bei feuchtem Wetter unerträglich werden, der nicht selten folgende tetanische Tod deuten auf einen heftigen Eingriff des Giftes in das gesammte Nervensystem. Könnten wir den Stoff aus den Brennhaaren isoliren, würden wir darin sicher das furchtbarste bis jetzt bekannte Pflanzengift entdecken.

Alle diese Haare haben mindestens in der Jugend in ihrem Innern eine lebhafte Zellensaftcirculation (vergl. unten).

Sehr eigenthümlich sind die Haare, deren Inhalt zu einer bestimmten Zeit verschwindet, ohne, wie es scheint, durch Luft ersetzt zu werden, so dass das Haar dadurch zum Theil in seine eigene Höhle hineingezogen wird. Diese merkwürdige Erscheinung findet sich besonders an den Haaren des Stylus bei den Campanulaceen (96)*, kommt aber auch gar nicht selten bei den kugeligen Endzellen kopfförmiger Haare vor, die dann aussehen, als ob die eine Hälfte abgeschnitten oder als Deckel abgesprungen wäre (93)**.

94. Theil der Epidermis mit zwei Haaren von *Wigandia urens*. (Seitenansicht.) *a* ist ein Brennhaar mit Knöpfchen und circulirender Flüssigkeit im Innern, *b* ein kopftragendes Drüsenhaar. Die einfachen auf einander gesetzten cylindrischen Zellen, die den Stiel bilden, zeigen jeder einen Cytoblasten und Circulation; das Köpfchen, aus vielen kleinen Zellen gebildet, ist mit abgesondertem Harz (?) bedeckt. Die Pfeile zeigen beobachtete Richtungen der Strömchen an.

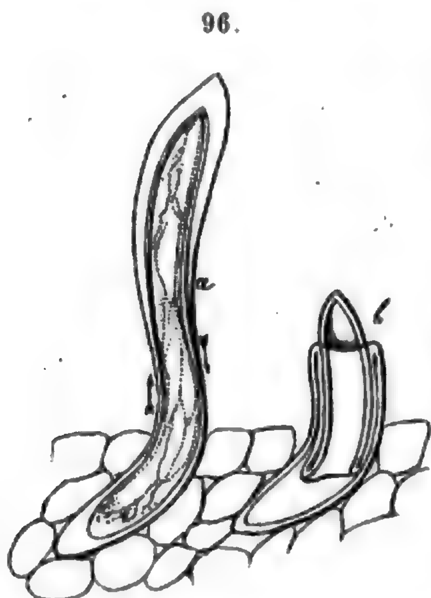
95. Ein Stachelhaar des Blattes von *Dipsacus fullonum*. (Seitenansicht.) Es besteht aus einer länglichen, etwas gekrümmten und schichtenweis starkverdickten Zelle *a*, welche am Grunde von einer Erhebung poröser Epidermiszellen *b* umfasst wird.

---

* Vergl. auch *Brogniart* in *Ann. d. sc. nat.* 1839, *p.* 244.

** So ist es wirklich von *Meyen*, aber mit Unrecht angesehen worden.

Eine Arbeit über die Haare, ausgezeichnet durch einen grossen Reichthum von Einzelheiten, hat *Meyen** geliefert.



Korksubstanz. Bei gewissen Pflanzen, namentlich den baumartigen, und an gewissen Theilen, besonders dem Stengel, aber auch der Frucht, geht zu einer bestimmten Zeit eine eigenthümliche Veränderung in der Oberhaut vor. Es sammelt sich in ihren Zellen eine gelbliche granulösschleimige Materie, die sich nach und nach so anhäuft, dass sie die äusseren Zellenwände als zusammenhängende Membran von den untern losreisst und in die Höhe hebt. Zugleich bilden sich auf eine noch unerforschte Weise in dieser Substanz Zellen, die sich fast ganz regelmässig zu viereckigen Tafeln gestalten und in zusammenhängenden concentrischen Schichten und zugleich radial anordnen. Völlig ausgebildet zeigen sie eine grosse Elasticität und stellen das Gewebe dar, welches im vollkommensten Zustande von uns Kork genannt wird, zwar in unzähligen Modificationen, dem Wesen nach aber dasselbe überall sich zu bilden scheint, wo eine Oberhaut längere Zeit vegetirt. Wenn der Korkbildungsprocess einmal eingeleitet ist, so setzt er sich an der innern Fläche desselben fort, wenn nicht diese ganze Schicht zu einer bestimmten Zeit vom Baume abgeworfen wird, worauf sie sich nicht wieder erzeugt, z. B. beim Wein, bei *Clematis vitalba*. *Mohl*** hat zuerst diese Substanz genauer kennen gelehrt, ich*** suchte ihre Entstehung aufzuklären.

Wurzelhülle. Wenn man die sogenannten Luftwurzeln von *Pothos crassinervis* untersucht, findet man eine deutliche Oberhaut mit Spaltöffnungen, deren halbmondförmige Zellen, mit einem braunen körnigen Stoff erfüllt, sich auf der Aussenfläche der Epidermis erheben und hier in ein Gewebe hineinragen, welches aus sehr locker verbundenen etwas gestreckten Zellen besteht, deren Wände die zierlichsten Spiralfibern zeigen und ganz mit Luft erfüllt sind, wodurch das glänzend weisse Aussehen dieser Wurzeln bedingt wird. Wie diese Lage entsteht, ist mir noch nicht gelungen deutlich zu erkennen, sie bildet sich aber gleich an der Spitze der Wurzel mit den übrigen Theilen derselben. Dieselbe Schicht findet sich an den Wurzeln der meisten tropischen Orchideen, und hier zeigen die Zellenwände oft die auffallendsten Modificationen. Besonders zeichnet sich *Aerides odorata* aus, wo Alles wunderbar, aber nicht zu beschreiben, sondern nur durch Abbildungen deutlich zu machen ist. Ich untersuchte sie sonst noch bei *Epidendron elongatum* und fünf andern Species, bei *Cattleya Forbesii*, *Brassavola cordata*, *Maxillaria atropurpurea*, *Harissoni*, *Acropera Loddigesii*, *Cyrtopodium speciosissimum*, *Oncidium altissimum* und drei andern Species, ferner bei *Pothos reflexa*, *acaulis*, *violacea*, *cordata*, *longifolia*, *digitata*, welchen letzteren sechs die Spiralfasern, nicht aber die Zellen fehlen. Bei andern Familien habe ich nichts Aehnliches entdecken können. Die Wurzeln haben gewöhn-

96. Längsschnitt durch den Staubweg einer *Campanula* senkrecht auf die Fläche mit zwei Haaren. Das eine *a* in voller Ausbildung zeigt im Innern eine circulirende Flüssigkeit; die Spitze ist eingehüllt in eine Scheide von abgesonderter Gallerte. Das andere (*b*) hat seinen Inhalt verloren und ist in Folge dessen eingestülpt.

---

* Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin 1837.

** Ueber die Entwickelung des Korkes und der Borke. Tübingen 1836.

*** Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Cacteen a. a. O.

lich eine frischgrüne Spitze. Hier sind nämlich die Zellen noch safterfüllt und deshalb scheint das grüne Rindenparenchyma durch. Das ganze Verhältniss ist bei der in den meisten Fällen so deutlich charakterisirten Oberhaut so auffallend, dass diese Schicht wohl als eigenthümliches Gewebe aufgeführt zu werden verdient. *Link** entdeckte diese Schicht, *Meyen*** untersuchte sie genauer, keiner hat sie richtig gewürdigt.

Zweites Capitel.

Das Leben der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich allein betrachtet.

§. 30.

Auf die Pflanzenzelle wirken natürlich alle physikalischen und chemischen Kräfte an der Erde ein. Soweit diese auffallende Erscheinungen hervorrufen und insbesondere soweit sie durch die Zelle selbst, an und in der sie sich äussern, eine besondere Form der Wirkung zeigen, nenne ich ihre Wirkungen im Ganzen das Leben (*vita*) der Zelle. Die meisten physikalischen Kräfte sind uns noch zu wenig genau bekannt, um die Eigenthümlichkeiten, die sie unter besonderen Verhältnissen zeigen, auffassen zu können. Man kann hier nur sehr allgemein sagen, dass die verschiedenen chemischen Processe in der Zelle auch von Veränderungen der Temperatur, der Elektricität, der absoluten und specifischen Schwere u. s. w. begleitet sein müssen, ohne dass man zur Zeit noch messend und rechnend nachkommen könnte. Es bleiben daher für genauere Betrachtung nur wenige Verhältnisse, die sich als Aufnahme fremder Stoffe (*endosmosis*), Veränderung derselben (*assimilatio* und *secretio*) und Ausscheidung des Ueberflüssigen (*exhalatio* und *excretio*), Gestaltung des Assimilirten (*organisatio*), Bewegungen des Inhalts der Zelle (*circulatio*), Bewegung der ganzen Zelle (*motus*), Bildung neuer Zellen in der alten (*propagatio*) und Aufhören aller Processe (*mors*) betrachten lassen.

I. Aufnahme fremder Stoffe.

§. 31.

Die Zellenmembran ist völlig geschlossen (wenigstens in der Jugend), aber gegen alle vollkommenen Flüssigkeiten permeabel. Sie nimmt also alle völligen Auflösungen durch ihre Wand in ihre Höhle auf. Da sie in Folge der beständig in ihr vorgehenden chemischen Processe stets eine dichtere Flüssigkeit als Wasser oder höchst diluirte Salzlösungen enthält und zwar meist eine solche, welche, wie Gummi und Zuckerlösung, eine grosse Verwandtschaft zum Wasser hat, so zieht diese das Wasser mit einer gewissen Kraft in die Höhle der Zelle hinein, wogegen

---

* *Elem. phil. bot. Ed. I. p.* 393.

** Physiologie I. S. 47. *Dutrochet* hat nichts davon, das Citat hat *Meyen* aus *Link* abgeschrieben, ohne es nachzusehen und ohne nur zuzusehen, wozu *Link* eigentlich citirt.

nur wenig von dieser concentrirten Flüssigkeit austritt. Seit *Dutrochet* nennt man diesen Process des Einströmens Endosmose, den des Ausströmens Exosmose.

Schon oben ist die Eigenschaft des Zellstoffs erwähnt, Flüssigkeiten durch sich durchzulassen. Es ist eine ganz überflüssige und unbeholfene Hypothese, hierbei an kleine, unsichtbare Poren zu denken, vielmehr stehen hier Membran und Flüssigkeit in demselben Verhältniss zu einander, wie Salz und auflösendes Wasser. Sowie hier in jedem Massendifferenzial* sowohl Salz als Wasser vorhanden ist, so auch in der Membran Zellstoff und Wasser, nur mit dem Unterschiede, dass die Membran nie durch das Wasser verflüssigt wird, weil sie nur eine bestimmte, geringe Menge auflöst und dann nicht eher neues Wasser aufnimmt, als bis ihr das zuerst aufgenommene wieder entzogen worden ist. Dieses Abgeben der in die Membran aufgenommenen Flüssigkeit wird nun hervorgerufen durch die Verwandtschaft des Wassers zu gewissen andern Stoffen, die in der Zelle enthalten sind. Wenn man Gummi oder Zucker in einer geringen Menge Wasser auflöst und darauf vorsichtig anderes reines Wasser aufgiesst, so bleiben beide verschieden-dichten Flüssigkeiten eine kurze Zeit aber nur scheinbar unvermischt, in der That aber beginnt sogleich an der Grenze ein Process, indem die concentrirtere Flüssigkeit die diluirtere anzieht, und dieser Vorgang dauert so lange fort, bis sich beide Flüssigkeiten fast gleichförmig vermischt haben; diese Anziehung findet mit einer gewissen Kraft statt, weil dadurch gegen das Gesetz der Schwere die schwerere Flüssigkeit allmälig bis zum Niveau der leichteren gehoben wird. Trennt man beide Flüssigkeiten durch eine vegetabilische (oder thierische) Membran, so verhindert diese die Anziehung nicht, weil sie sogleich von der Flüssigkeit durchdrungen, beide Flüssigkeiten also wieder in Berührung gebracht werden. Die dichtere Flüssigkeit wird aber dabei schwerer von der Membran aufgenommen, als die weniger dichte. Die Flüssigkeiten kommen also auf Seite der dichteren mehr in Berührung und die dichtere Flüssigkeit kann der Membran mehr von der dünnern entziehen, als auf der andern Seite die dünne von der dichteren. Da nun jedesmal die Membran die ihr auf der einen Seite entzogene Flüssigkeit auf der andern wieder ersetzt, so wird allmälig ein bedeutender Theil der dünnern Flüssigkeit auf die Seite der dichteren übergeführt, dagegen nur wenig von der dichteren auf die Seite der dünneren. Stellt man den Versuch so an, dass die dichtere Flüssigkeit sich über der dünneren in einer engen Röhre befindet, so wird in derselben die Flüssigkeit dem hydrostatischen Gleichgewicht entgegen steigen und zwar muss die Anziehungskraft beider Flüssigkeiten zu einander genau dem Drucke der auf diese Weise gebildeten Flüssigkeitssäule das Gleichgewicht halten, also durch die Höhe dieser Säule gemessen werden. Ganz dasselbe Verhalten zeigt sich aber auch, wenn man statt verschieden dichter Flüsssigkeiten gewisse specifisch verschiedene Flüssigkeiten nimmt, wobei oft die weniger dichte, z. B. Alkohol im Verhältniss zu Wasser die Rolle der specifisch dichteren in dem angeführten Beispiel übernimmt. *Dutrochet* nannte das Eintreten der dünneren Flüssigkeit durch eine Membran die Endosmose, das stets bei weitem schwächere Austreten der dichteren Exosmose und die durch die Höhe der Flüssigkeitssäule gemessene Kraft der Anziehung zwischen beiden Flüssigkeiten die endosmotische Kraft der dichteren Flüssigkeit. Durch einen zweckmässigen Apparat bestimmte *Dutrochet* die relative Grösse dieser Kraft bei folgenden Substanzen und gegen Wasser wie folgt:

Thierisches Eiweiss . . .	12,
Zucker	11,
Gummi	5,17

Zu den stickstoffhaltigen vegetabilischen Stoffen gehört auch das Pflanzeneiweiss, welches dem thierischen in vieler Beziehung ähnlich ist. In seinen physikalischen

* *Sit venia verbo.*

Eigenschaften ist es schwer oder gar nicht von den übrigen oben (§. 19.) unter dem Worte Protoplasma zusammengefassten vegetabilischen Stoffen zu unterscheiden. Mir scheint es daher nicht unrichtig, für dieses Protoplasma, aus dem sich der Zellenkern bildet, eine ähnliche starke endosmotische Kraft anzunehmen, wie für das thierische Eiweiss. So erklärt sich uns dann leicht, wie gleich nachdem der Zellenkern oder doch das um ihn abgelagerte Protoplasma sich mit einer Membran umgeben (S. 134), sogleich die Endosmose beginnt und so in die Zelle Stoffe eingeführt werden, auf welche der Zellenkern von Neuem umändernd einwirken kann. Werden hierdurch Zucker oder Gummi gebildet, so findet sich wieder im Innern der Zelle ein Stoff, der den Process der Endosmose lebhaft unterhält u. s. w. Ich glaube nicht, dass es irgend mehr bedarf, um die Art der Aufnahme fremder Stoffe in die Pflanzenzelle vollständig zu erklären, da, wie später sich zeigen wird, dieser einfache Process sogar hinreicht, die grossartigsten Erscheinungen im Leben der ganzen Pflanze zu verstehen.

So einfach dieser ganze Process für sich erscheint, so liegen doch Elemente genug in ihm, durch deren Variation eine endlose Mannigfaltigkeit hervorgerufen werden kann, wie sie uns in dem Leben der einzelnen Zellen in der Wirklichkeit entgegentritt. Leider sind noch viel zu wenig Versuche über diese Verhältnisse angestellt, um überall der Wirklichkeit das erklärende Experiment an die Seite stellen zu können. Es sind insbesondere zwei Punkte, die hier wichtig werden. Einmal ist es die grosse Mannigfaltigkeit der verschiedenen sowohl in als ausser den Zellen aufgelöst vorkommenden Stoffe und die grosse Verschiedenheit in der Kraft, mit der sich dieselben gegenseitig anziehen. Besonders liegen über das Verhalten vieler gemischter Stoffe zu einander noch gar keine Versuche vor. Zweitens kommt hier die Natur der trennenden Membran, also in der Pflanze der Zellenwand in Betracht. Wasser und Alkohol z. B. ziehen sich gegenseitig sehr kräftig an, im endosmotischen Apparat ist aber das Resultat sehr verschieden, je nachdem die trennende Membran eine thierische Blase ist, oder ein dünnes Kaoutschoukblättchen. Im ersten Falle geht das Wasser zum Alkohol, weil Alkohol wenig oder gar nicht durch eine thierische Haut durchdringt, Wasser dagegen leicht; im zweiten Falle ist es aus gleichem Grunde grade umgekehrt, der Alkohol, welcher leicht durch eine Kaoutschouklamelle dringt, geht zum Wasser hinüber. Aehnliche Modificationen des einfachsten zum Grunde liegenden Processes müssen aber durch die zahllosen Verschiedenheiten der Zellenmembran hervorgerufen werden. Für die weitere Verfolgung dieser Verhältnisse ist als Warnung nur noch hinzuzufügen, dass man die ganz überflüssige und unbegründete Fiction der Porosität der organischen Membran gänzlich aus dem Spiele lasse, die hier eben so weit vom rechten Wege abführen wird, als die Atomistik in der Chemie.

Die Entdeckung dieses ganzen Processes machte *Dutrochet* zuerst bekannt in einem Aufsatz: *L'agent immédiat du Mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux. Paris* 1826.

Später wurde die Sache von *De la Rive*, *Poisson*, *Mitscherlich*, *Fischer* und *Magnus*, von *Dutrochet* selbst und Andern weiter verfolgt, worüber in *Poggendorff's* Annalen Bd. XI, 138. Bd. XXVIII, 134, 359 und in *Schweigger's* Journal Jahrgang LIX, 1 und 20, sowie in den verschiedenen Bänden von *Dove's* Repertorium nähere Nachricht gegeben ist.

§. 32.

Das allgemein in der Natur verbreitete Lösungsmittel, das Wasser, ist auch die von der Pflanzenzelle aufgenommene Flüssigkeit, welche derselben alle übrigen Stoffe zuführt. Unter den letztern sind Kohlensäure und Ammoniak die wesentlichsten, beide in jedem meteorischen oder längere Zeit mit der Luft in Berührung

gewesenen Wasser enthalten. Wasser, Kohlensäure und Ammoniak enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, also alle zur Bildung der assimilirten Substanzen und somit zur eigentlichen Ernährung der Zelle wesentlichen Elemente. Daneben werden aber der Zelle gelegentlich noch in kleinen Theilen alle im Wasser löslichen Stoffe, deren das Wasser sich bemächtigen kann, zugeführt.

Nichts ist trotz der unendlichen Menge Arbeiten über die Ernährung der Pflanzen bisher noch unsicherer gewesen, als die Ansichten über die nothwendigen Nahrungsstoffe der Pflanze, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil man die Sache von hinten anfing und Experimente und Speculation an die ganzen complicirten Pflanzen verschwendete, statt sich erst nach dem Gesetz für die einfachsten Fälle umzusehen. Der einfachste und natürlichste Gegenstand für solche Untersuchungen ist aber *Protococcus viridis* oder eine andere Conferve, die aus einer oder wenigen Zellen besteht, alle allgemeinen und dem Leben der Zelle wesentlichen Stoffe enthält und frei schwimmend im Wasser lebt. Diese Pflanzen bedürfen zu ihrem Vegetiren nichts als reines Wasser, welches aus der Atmosphäre Kohlensäure und Ammoniak, welche beide stets darin enthalten sind, aufnehmen kann, und vielleicht eine geringe Quantität von unorganischen Salzen, deren Nothwendigkeit für die Vegetation dieser einfachsten Pflanzen bis jetzt aber nur nach Analogie mit den höheren Pflanzen postulirt wird, nicht aber erwiesen ist. Hiermit ist ihnen Alles gegeben was sie brauchen. Leicht ist aber das Experiment zu machen, dass sie in einem Wasser, welches man beständig mit einer grösseren Menge von Kohlensäure schwängert (etwa indem man ein Gefäss, welches gährende Stoffe enthält, durch ein Glasrohr mit demselben in Verbindung setzt), freudiger und üppiger gedeihen, als in einem Wasser, welchem man Dammerdeextract, also Humussäure und humussaure Salze zugesetzt hat. Sie gedeihen sogar in letzterem nicht so gut als in reinem Wasser, Beweis genug, wie unwesentlich diese Substanzen für das Leben der Zelle sind. Ausführlicher wird aber über diesen Punkt noch weiter unten bei der Ernährung der Pflanze zu sprechen sein. Hier genügte es, den einfachsten Fall aufgewiesen zu haben, bei dem die Richtigkeit der aufgestellten Ansicht Jedem gleich einleuchtet und durch das einfachste Experiment, durch die Vegetation des *Protococcus viridis* sogleich erwiesen wird. Dass dagegen die rohen Versuche von *Meyen**, der Pflanzen in carrarischem Marmor wachsen liess und mit kohlensaurem Wasser begoss, nichts beweisen, ist von selbst klar, denn die Kohlensäure musste eine auf jeden Fall für die Pflanzen schädliche Menge des kohlensauren Kalks auflösen. Wer solche Versuche anstellen will, sollte so bekannte chemische Thatsachen nicht übersehen.

Merkwürdig ist, dass wie gewisse Pflanzenarten, z. B. viele Carices und andere sogenannte Torfmoorpflanzen, eine betimmte Menge von freien Säuren des Humus, die doch im Allgemeinen der Vegetation ungünstig sind, zu ihrem Gedeihen zu fordern scheinen, so auch einige Pflanzen nur in einem Ueberschuss freier Gerbsäure gedeihen, z. B. die kleine Converfe, welche die sogenannte Schimmelhaut auf Galläpfelinfusionen bildet; noch andere, z. B. *Mycoderma aceti*, bilden sich nur im entstehenden oder zersetzt werdenden Essig kräftig aus. Sehr wahrscheinlich ist in diesen Fällen die freie Säure ebenso wenig Pflanzennahrung als bei allen übrigen Pflanzen, aber die Art und Weise der Zersetzung der Säure wird ein begünstigendes Moment für die Vegetation der genannten Pflänzchen.

Ueber die Natur der stickstoffhaltigen Substanzen in den einfachsten Fällen und bei den einfachsten Pflanzen fehlt es noch sehr an Untersuchungen. Hier habe ich die Sache so aufgefasst als ob die allein nothwendige stickstoffhaltige Verbindung in der Pflanze reines Protein wäre. Nimmt man statt dessen Eiweiss, Faserstoff und Käsestoff, so müssen freilich um den Schwefel- und Phosphorgehalt zu liefern auch

* Physiologie Bd. 2, S. 134 ff.

schwefel- und phosphorsaure Salze oder Phosphor und Schwefelwasserstoff aufgenommen und zersetzt werden, daher erscheint es als die einfachste Annahme in der Pflanzenzelle zunächst die Bildung von Protein anzunehmen. Diese Annahme erscheint nun auch durch *Mulder's* Untersuchungen über die Essigmutter (*Mycoderma Pers.*) vollkommen gerechtfertigt, indem dieselbe aus Essigsäurehydrat und dem im Essig enthaltenen Eiweiss sich Zellstoff und Protein bildet, welche beiden Stoffe sie sogar immer in ganz constantem Verhältniss enthält, nämlich 1 Aequivalent Protein auf 4 Aequivalente Zellstoff (vergl. *Liebig's* Annal. Bd. 46 S. 207). Eine ähnliche genaue Untersuchung über die Gährungszellen würde vom höchsten Interesse sein.

Hier wäre noch zu bemerken, dass, da die Aufnahme durch die Endosmose bedingt ist, von der Zelle Alles aufgenommen wird, was ihr als völlige Auflösung dargeboten wird, also auch alle für sie schädlichen Substanzen, z. B. mineralische und vegetabilische Gifte sowie Gerbstoff, der durch Störung des chemischen Processes in der Zelle schnell ihr Leben endet. Der Zelle kommt in dieser Hinsicht keine Wahlfähigkeit zu als die, welche sich aus der grösseren endosmotischen Anziehung des Zelleninhalts gegen den einen oder den andern Stoff ergiebt; von keiner anderen Wahlfähigkeit haben wir den geringsten Beweis (in der Aufnahme der Gifte einen entschiedenen Gegenbeweis), also gehört sie vorläufig nicht in die Wissenschaft*. Auf der andern Seite ist jede Flüssigkeit zur Ernährung der Zelle untauglich, welche wegen ihrer specifischen Natur, z. B. Alkohol, oder wegen ihrer Dichtigkeit, z. B. concentrirte** Gummi- und Zuckerlösung, die Endosmose unmöglich macht, sollte sie auch sonst Alles enthalten, was zur Ernährung der Zelle nothwendig ist***.

Endlich ist hier auch noch besonders Folgendes hervorzuheben. In dem eigenthümlichen chemischen Process, welcher einen Hauptantheil am Leben nimmt, tritt vielleicht mit einziger Ausnahme des Sauerstoffs kein einziges chemisches Element für sich als thätig auf, wie ja überhaupt in der Natur die unmittelbaren Verbindungen der Elemente unter einander, ohne dass eine schon fertige Verbindung mindestens Wasser vermittelnd hinzuträte, zu den minder häufigen Fällen gehören. Die Pflanzenzelle nimmt, so viel bis jetzt bekannt ist und aus bekannten Thatsachen sich schliessen lässt, kein einziges chemisches Element ausser dem Sauerstoff in sich auf, um es sich anzueignen. Nur Stickstoff scheint, aber als völlig indifferenter und unthätiger Stoff, im Wasser gelöst aufgenommen und ebenso wieder ausgeschieden zu werden. Dagegen sind es insbesondere zwei äusserst leicht zersetzbare Verbindungen, deren chemisches Spiel die Ernährung einleitet und erhält, nämlich Wasser, Ammoniak und Ammoniaksalze, neben denen die Kohlensäure eine verhältnissmässig träge Rolle zu spielen scheint. Hieraus ergiebt sich die Warnung, dass alle Berechnungen über Zusammensetzung und Metamorphose organischer Körper keinen Sinn haben, sobald sie von den reinen Elementen und nicht von den Verbindungen ausgehen, die wirklich allein aufgenommen werden.

II. Assimilation der aufgenommenen Stoffe und Secretion.

§. 33.

Die assimilirten Stoffe (*Materia assimilata*) bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (zuweilen mit etwas Schwefel und Phosphor),

* Man vergleiche hier auch die Versuche von *de Saussure*. (Chemische Untersuchungen über die Vegetation. A. d. Fr. von *Voigt*. Leipzig 1805, S. 228 ff.).

** Die Versuche von *de Saussure* und *Davy* beweisen entschieden, dass Pflanzen in diluirter Zucker- oder Gummilösung vortrefflich gedeihen.

*** Vergl. auch *Davy*, Elemente der Agriculturchemie. Aus d. Engl. von *Wolff*. Berlin 1814, S. 305.

diese sind also und zwar auch nur in bestimmten Verbindungen als Kohlensäure, Wasser und Ammoniak allein die assimilirbaren. Sobald dieselben auf die angegebene Weise ins Innere der Zelle geführt sind, so entstehen chemische Processe, deren erster Anfang in dem Zerfallen der Ammoniakverbindungen und einer (vielleicht dadurch hervorgerufenen) Wasserzersetzung, deren Fortgang sicher zum grossen Theil in der Einwirkung assimilirter stickstoffhaltiger Stoffe (Protoplasma) auf stickstofffreie Substanzen besteht. So bilden sich wahrscheinlich immer gleichzeitig stickstoffhaltige und stickstofffreie Substanzen.

Assimilirte Stoffe nenne ich nur die, welche oben in der Stofflehre unter diesem Namen aufgezählt sind, und zwar mit gutem Bedacht. Nur das, was sich die einfache Zelle aneignet, sich verähnlicht, was zu ihrer Bildung und Erhaltung im einfachsten Falle durchaus nothwendig ist, kann hier aufgeführt werden, weil man dies allein als allgemein für alle Pflanzenzellen in Anspruch nehmen darf. Damit soll freilich nicht gesagt sein, dass das oben aufgeführte Register schon vollständig ist; vielleicht kommen noch manche Stoffe hinzu, die ich vorläufig ausgeschlossen habe, weil wir ihre Beziehung zu den andern noch nicht genau kennen, z. B. Harz, welches sehr häufig vorkommt, aber doch nirgends auf eine Weise, wie fettes Oel, dass wir seinen Uebergang in die genannten assimilirten Stoffe bestimmt annehmen müssten. Auf diese Weise aber bekomme ich einen leicht festzuhaltenden Unterschied zwischen assimilirten Stoffen und Secretionsbildungen, während sonst die Grenze gar nicht zu ziehen ist und rein willkürlich bleibt. Hier wie überall versteht es sich von selbst, dass alle angebliche Analogie mit den Thieren (vergl. oben S. 102 ff.) als gänzlich unanwendbar aus dem Spiel bleibt und die Worte nur einen eigenthümlichen botanischen Begriff bezeichnen.

Man kann immerhin zugeben, dass wir in diesem Augenblick von den wirklich in der Pflanzenzelle vorgehenden Processen des Stoffwechsels und der Stoffbildung noch nicht einen einzigen mit Sicherheit als einen bestimmten chemischen Process bezeichnen können, und dennoch bleibt die Behauptung durch die vollständigste Induction begründet, dass allen diesen Processen die allbekannten chemischen Stoffe, Kräfte und Gesetze zum Grunde liegen müssen. Dass überhaupt chemische Processe hier vorgehen, dass die Stoffe denselben Gesetzen gehorchen als ausser dem sogenannten Organismus, hat zunächst die unbedingte Präsumtion für sich und müsste erst aufs Strengste widerlegt werden. Alle Stoffe, die im Organismus sich vorfinden, stammen als aus erster Quelle aus der unorganischen Welt. Diese Stoffe, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff u. s. w. sind durch die eigenthümliche Combination der Grundkräfte in ihnen ganz bestimmt specificirte Arten der Materie und sowie Masse und Kraft unveränderlich sind, haben wir bis jetzt auch noch nicht die leiseste Andeutung darüber, dass es die Stoffe und ihre Kräfte nicht eben so wären, vielmehr ist die ganze Gesetzmässigkeit und Einfachheit in den unorganischen Verbindungen eine so vollständige Induction, wie nur irgend denkbar ist dafür, dass die empirischen Elemente auch wirklich Elemente seien. Man kann es also ruhig abwarten, bis die, welche die Lebenskraft als Deckmäntelchen ihrer physikalischen und chemischen Unwissenheit gebrauchen, einen bündigen Beweis geliefert, dass im Organismus die Elemente eine andere Natur annehmen, wirklich andere Kräfte zeigen, d. h. in andere Stoffe oder gar in einander übergehen. So lange dieser Beweis nicht geliefert ist, und er kann und wird nie geliefert werden, steht es fest, dass alle Gesetze der Chemie auch im Organismus unbedingte Anwendung finden. Zu demselben Resultate führte uns aber auch von anderer Seite die Thätigkeit der neueren Chemiker *, deren Arbeiten uns die völlige Homogeneität der Stoffe und Processe in und ausser dem Organismus auf einer

* *Liebig* und seine Schule, *Mulder*, *Dumas etc.*

breiten und sichern Basis inductorisch bewiesen haben. *Liebig* und *Mulder* insbesondere haben uns gezeigt, dass wo wir in den Ablauf der Erscheinungen des Stoffwechsels im Organismus hineingreifen und ihn dann nach den Gesetzen des sogenannten todten Chemismus fortführen, wir beständig zu Resultaten gelangen, welche mit denen des Organismus völlig übereinstimmen. Aber beide scheinen anfänglich nicht beachtet zu haben, dass wir damit doch noch nicht zur wirklichen Erkenntniss des chemischen Theils des Pflanzenlebens gelangt sind und dass alle die genialen Entwickelungen, wie sie durch *Liebig* gegeben oder hervorgerufen sind, bis jetzt doch nur wie er selbst sagt: »Bilder zur Versinnlichung des Vorgangs« bleiben.

Der eigentliche Eingang in diese ganze Lehre ist und kann nur ein physiologischer sein, und da wird die erste Frage die: »aus welchen Stoffen bildet sich die einfachste Pflanzenzelle, und durch welche chemische Processe?« und die zweite »aus welchen Stoffen und auf welche Weise bilden sich die einfachsten Stoffe, welche fast jede Pflanzenzelle enthält?« Für die Stoffe sind wir in beiden Fällen durch die Bemühungen der Chemiker von *de Saussure* bis *Liebig* völlig aufgeklärt, dass Kohlensäure, Wasser und Ammoniaksalze in den einfachsten und ursprünglichsten Fällen die einzigen und ausschliesslichen Stoffe sind, aus denen die Bildung der assimilirten Stoffe hervorgeht. *Liebig* hat hier insbesondere* auf die Verkehrtheit derjenigen aufmerksam gemacht, welche sich sehr weise und chemisch gebildet dünken, wenn sie mit den chemischen Elementen in den Tag hineinrechnen und nach Belieben combiniren, um die organischen Verbindungen zu erklären. Eine Thatsache vielmehr, die schon bei den unorganischen Processen so höchst einflussreich sich zeigt, ist ganz besonders für die chemischen Vorgänge im Organismus von höchster Bedeutung, nämlich dass eine Verbindung um so leichter erfolgt, wenn eine Zersetzung vorhergeht, dass zwei Elemente sich um so sicherer vereinigen, wenn eins oder beide in dem Momente der Verbindung erst aus einer andern Verbindung austreten, oder wie man es ausdrückt, in *statu nascendi* sind. Unter den genannten Stoffen sind zwei, Wasser** und Ammoniaksalze**, von denen wir wissen, dass sie durch die schwächsten Anstösse zersetzt werden, dass wie bei der Wasserstofferzeugung aus Zink und schwefelsaurem Wasser vielleicht nur die geringe elektrische Spannung in der Berührung ungleicher Körper hinreicht den Sauerstoff vom Wasserstoff zu trennen, dass Erwärmung, Auflösung und so weiter oft schon genügen, die Ammoniaksalze zu zersetzen oder ohne Zersetzung in Stoffe mit ganz neuen Eigenschaften überzuführen. Durch die Zersetzung eines einzigen Aequivalents Wasser ist aber schon der Anstoss gegeben zu einer endlosen Kette auf und aus einander folgender chemischer Processe zu einem Spiel von Bildungen, Umbildungen und Zersetzungen, die zusammengenommen den lebendigen Stoffwechsel bedingen oder vielmehr er selbst sind. Immer bleibt es hier aber noch als Aufgabe stehen, zu bestimmen, was der erste Anstoss in der Wirklichkeit ist. *Liebig* sagt sehr richtig, für das Endresultat bleibe es einerlei, ob Kohlensäure, ob Wasser zersetzt werde; für die Erklärung der wirklich in der Pflanze vorgehenden Erscheinungen ist die Frage nach dem ersten Anfang aber grade die allerwichtigste und mit allen geistreichen Combinationen ist nichts für das wirkliche Verständniss gewonnen, bis die Vorfrage entschieden ist.

Die schon von *Liebig* am angeführten Orte entwickelte Warnung bei der Erklärung der chemischen Vorgänge im Organismus nicht von den Elementen, sondern von den gegebenen Verbindungen auszugehen, lässt sich aber noch weiter ausdehnen und muss weiter ausgedehnt werden. Wir dürfen auch nicht dabei stehen bleiben, dass wir versuchen die Bildung der Stärke z. B. aus der Zersetzung von Kohlensäure und Wasser zu erklären. Wo Pflanzen wachsen, wo Zellen sich bilden, sind überall auch im allereinfachsten Falle immer gleichzeitig Wasser, Kohlensäure und Ammoniak-

* Das Verhältniss der Chemie zur Physiologie und Pathologie. Darmstadt 1844.

** *Liebig* Chem. in Anw. auf Agric. und Physiol. (V. Ausg.) S. 44 ff. und S. 50 ff.

verbindungen gegenwärtig und also auch wahrscheinlich thätig. Ueberall sehen wir die stickstofffreien Substanzen gleichzeitig mit den stickstoffhaltigen auftreten. Wir müssen also bei unsern Erklärungen immer alle drei berücksichtigen und die Entstehung stickstoffhaltiger und stickstofffreier Bestandtheile zugleich aus demselben Process ableiten. Dafür bietet sich uns eine annehmbare Analogie in der Bildung des Essigs und der Essigmutter, welche letztere nach *Mulder* aus 1 Aequiv. Protein auf 4 Aequiv. Zellstoff besteht, wie folgendes Schema zeigen kann.

	C	H	O	N
74 Wasser (H O) =	—	74	74	—
94 Kohlensäure ($C\,O^2$) =	94	—	188	—
2 Kohlensaures Ammoniak ($H\,N\,CO^2)^2$ =	2	2	4	16
	96	76	266	16
Daraus bildet sich				
1 Protein =	48	36	14	12
4 Zellstoff ($C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$) =	48	40	40	—
212 Sauerstoff =	—	—	212	—
	96	76	266	12

Die 212 O würden dabei grade hinreichen 53 Aequiv. Alkohol in Essigsäure zu verwandeln.

Sehen wir aber von der gleichzeitigen Bildung der stickstoffhaltigen Substanzen ab, so haben wir einfach die Bildung aller hier in Betracht kommenden Substanzen aus kohlensaurem Wasser in folgendem Schema:

	C	H	O	
12 Kohlensäure =	12	—	24	
24 Wasser =	—	24	24	
	12	24	48	
24 O =	—	—	24	
X =	12	24	24	
x = 1 Traubenzucker + 12 Wasser =	12	12	12	+ 12 H O
oder 1 {Zellstoff, Dextrin, Rohrzucker, Inulin} + 14 ,, =	12	10	10	+ 14 H O
,, 1 Holz (*Prout*) + 16 ,, =	12	8	8	+ 16 H O.

Dabei bedarf es zur Erklärung keiner weiteren Annahme als der Wasserzersetzung unter Entbindung von Sauerstoff und der Ausscheidung von mehr oder weniger Aequivalenten Wasser, Processe, von denen wir wissen, dass sie alle drei beständig bei der Umänderung organischer Stoffe wirklich vorkommen. Einer der wichtigsten Bestandtheile ist wohl ohne Zweifel die Dextrine. In allen Flüssigkeiten, die bildungsfähig sind, kommt Dextrine vor (*Mitscherlich*, *Mulder*) und wahrscheinlich ist Dextrine als der Grundstoff anzusehen, aus welchem alle andern assimilirten Bestandtheile hervorgehen.

Bei jenen Umsetzungen spielen dann auch sicher die stickstoffhaltigen Bestandtheile die interessante Rolle, die Umwandlung der Stoffe in einander zu vermitteln, ohne selbst dabei eine Veränderung zu erfahren. Diese Eigenschaft hat man mit sehr verschiedenen Namen belegt, ohne bis jetzt im geringsten eine Erklärung dafür geben zu können. Es ist eine grosse Täuschung, wenn *Liebig* glaubt, etwas mehr als ein anderes Wort für die Sache gegeben zu haben. Es bleibt deshalb auch völlig gleichgültig, ob man die mit dieser Eigenschaft begabten Substanzen, nach *Berzelius* katalytische, nach *Mitscherlich* Contactsubstanzen oder nach *Liebig* einen in Thätigkeit begriffnen Körper nennen will. Vorläufig müssen wir uns an der Kenntniss der That-

sache genügen lassen, dass Schwefelsäure in der Wärme das Stärkemehl in Dextrin und Zucker, den Alkohol in Aether umwandelt, dass Diastase ebenfalls Stärke in Dextrin und Zucker überführt, dass Eiweiss, Protein u. s. w. Zucker in Alkohol überführen u. s. w. *Liebig's* »Mittheilung der Bewegung« als Bezeichnung der Einwirkung des einen Stoffes auf die andern beruht einestheils auf der unhaltbaren Atomistik und ist anderntheils mechanisch falsch aufgefasst. Die Grösse der Bewegung wird gemessen durch das Product der Masse in die Geschwindigkeit. Ein Theil Diastase erstreckt aber seine zersetzende Kraft auf 1000 Theile Stärke. Man müsste also im Atom der Diastase eine Geschwindigkeit annehmen 1000mal so gross als zur Zersetzung eines gleichen Gewichts Stärke nothwendig wäre. Es ist leicht einzusehen, dass man auf der schwächsten Basis hier ein Riesengebäude der kühnsten Hypothesen aufeinanderthürmen müsste, um zum Ziele zu gelangen. Auf der andern Seite ist der Einwurf *Liebig's* gegen den an sich unverfänglichen Ausdruck Contactsubstanz (dass es nämlich ohne Beispiel sei, dass ein ruhender Körper einen andern in Bewegung setze) auch von der atomistischen Erklärungsweise des chemischen Processes entlehnt und ebenfalls physikalisch falsch. Die Gravitation, der Magnetismus, die elektrische Anziehung sind lauter Beispiele der Bewegung eines Körpers durch einen wenigstens in Bezug auf die bewirkte Bewegung ruhenden.

Mag dem übrigens sein wie ihm wolle, so sind wir damit doch noch nicht weit gefördert, denn wenn diese eigenthümliche Einwirkung eines Stoffes auf einen andern wohl genügen mag uns die Ueberführung der einzelnen Arten der assimilirten Stoffe in einander zu erklären, so fehlt uns doch noch immer der Anfang, der wohl nicht den stickstoffhaltigen Substanzen zugeschrieben werden darf.

Das Wichtigste bei dem ganzen Vorgange scheint die Wasserzersetzung zu sein, man weiss aber noch nicht auf wessen Rechnung man dieselbe zu setzen habe. Fast alle Pflanzenzellen bedürfen zu ihrer Entwickelung des Einflusses des Lichts. Noch fehlt es aber an Versuchen darüber, wie viel von der Einwirkung namentlich des Sonnenlichts auf Rechnung der einzelnen farbigen Strahlen, der Wärmestrahlen, der einleitenden oder der fortführenden chemisch wirkenden Strahlen zu setzen sei. Nur so viel wissen wir aus *de Saussure's* Versuchen gewiss, dass unter dem Einflusse des Sonnenlichtes vorzugsweise die Kohlensäure der Luft in den Zellen fixirt wird, also sich mit dem Wasserstoff des Wassers verbindet, ein Process, der gar nicht oder in geringerem Grade beim völligen Ausschluss des Lichtes stattfindet. Dass hier das Licht durch Wasserstoffgas ersetzt werden kann, scheinen die interessanten Versuche *Humboldt's** zu beweisen. Auch bei der Einwirkung der katalytischen Substanzen fehlt es an genauer Kenntniss der einzelnen wirklichen Vorgänge, nur so viel bleibt uns als sicheres Resultat, dass wir hier allein mit chemisch-physikalischen Vorgängen zu thun haben, deren vollständige Entwickelung über kurz oder lang gelingen muss.

§. 34.

Bei der Bildung der assimilirten Substanzen werden viele Stoffe frei, die unter sich oder mit den gleichzeitig aufgenommenen nicht assimilirbaren Substanzen neue Verbindungen eingehen, entweder ihrer natürlichen Verwandtschaft folgend, oder durch Contactwirkung, prädisponirende Verwandtschaft u. s. w. veranlasst. Alle auf diese Weise gebildeten Stoffe nenne ich Secrete (*Materia secreta*) der Zelle. Einige von diesen sind sehr allgemein, so dass sie jeder Zelle zukommen, z. B. freier Sauerstoff, oder wenigstens dann, wenn sie unter bestimmten Bedingungen vegetirt, z. B. der grüne Farbestoff; andere sind weniger verbreitet und ihre Bildung hängt noch von ganz besonderen Verhältnissen ab, z. B. Coniin, Solanin und

---

* *Florae fribergensis specimen p.* 180 *sqq.*

dergleichen. Die chemischen Processe dabei sind uns noch grösstentheils verborgen. Zweierlei bleibt hier zu bemerken. Einmal, dass sich nicht selten Secrete bilden, die der Zelle schädlich wären, wenn dieselben nicht durch von Aussen aufgenommene unorganische oder gleichzeitig neugebildete organische Stoffe neutralisirt würden, so z. B. Oxalsäure durch den von Aussen aufgenommenen Kalk, die meisten Alkaloide durch die zugleich erzeugten organischen Säuren. Zweitens bilden sich häufig Stoffe, z. B. Gerbstoff, Harz u. s. w., die grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und daher auch aus der Umgebung der Zelle eine bedeutende Menge Sauerstoff absorbiren.

Fehlt es schon bei den einfachen im vorigen Paragraphen besprochenen Verhältnissen an genauen Versuchen unter genügend einfachen Verhältnissen, um alle Einzelheiten richtig würdigen zu können, so tritt der Mangel noch mehr bei den hier zu besprechenden verwickelten Vorgängen uns entgegen. Doch hat man im Einzelnen Andeutungen genug, um auch hier einzusehen, dass Alles auf chemisch-physikalische Processe hinausläuft. Der Hauptgrund der Unsicherheit liegt besonders darin, dass es der Chemie noch nicht gelungen ist, grade bei den Stoffen, die am meisten in Frage kommen, bei den sogenannten indifferenten Stoffen, eine genügende Einsicht in ihre chemische Zusammensetzung zu erlangen. Bei vielen, z. B. Stärke, Zucker u. s. w. weiss man zwar, wie man sie aus den Elementen zusammengesetzt ansehen kann, z. B. aus 12 C und 10 Wasser, aber nicht wie sie wirklich zusammengesetzt sind, bei vielen weiss man auch das Erste noch nicht, bei keinem weiss man bis jetzt, wie er wirklich aus den Elementen entsteht. Das Letztere wenigstens für Einen der assimilirten Stoffe nachgewiesen, könnte aber allein die erste Grundlage bilden, um durch Schlüsse und Analogien in diesem Felde weiter zu helfen.

Alle diejenigen Stoffe, die neben den assimilirten Stoffen in der Pflanzenzelle entstehen, nenne ich Secrete. Diese Eintheilung habe ich so eben (S. 210) gerechtfertigt. Ob nicht später noch manche Stoffe aus dieser Abtheilung in die der Assimilirten versetzt werden müssen, ist noch nicht zu entscheiden, thut aber der Richtigkeit der Eintheilung keinen Eintrag. Noch unsicherer bleibt fürs Erste die Grenze zwischen Secreten und Excreten, da noch nicht gewiss ist, ob die Milchsaftgefässe, die die meisten eigenthümlichen Stoffe enthalten, zu den ächten Zellen gehören oder nicht.

Man könnte die ganze Reihe von Secretionsstoffen, zu denen alle eigenthümlichen Pflanzenstoffe gehören, wieder nach ihrer grösseren oder geringeren Verbreitung in der Pflanzenwelt eintheilen. Es ist aber, da man wenig oder gar nichts von ihrer Bedeutung für das Leben der Zelle weiss, für's Erste noch ganz überflüssig, hier davon zu sprechen. Wir müssen das ganz der Chemie überlassen.

Ein paar Punkte müssen indess hier hervorgehoben werden. Die Zelle nimmt mit dem Wasser verschiedene Salzlösungen auf. Ein Theil derselben sind unorganische, ein Theil organische. Von den ersteren bleibt vielleicht ein Theil in der Zelle beim Verdunsten des Wassers zurück. Ein Theil sowie die andern alle werden auf mannigfache Weise durch die chemischen Processe im Innern der Zelle zersetzt. Daraus gehen neue Stoffe hervor, die wieder zersetzend auf einander und die schon vorhandenen einwirken können, und dadurch wird der ganze Vorgang noch mehr complicirt. Eines Theils der Salzbasen scheint aber auch die Pflanzenzelle bestimmt zu bedürfen, um durch Neutralisiren die für die nothwendigen Processe störenden Säuren fortzuschaffen. Bei den Cacteen lässt sich daraus das Vorhandensein der grossen Menge von oxalsaurem Kalk erklären, von denen die schädliche Oxalsäure offenbar in der Zelle gebildet, der Kalk aber als saurer kohlensaurer Kalk von Aussen aufgenommen ist und sich mit jener zu einem unlöslichen und somit unschädlichen Salze verbindet.

*Liebig** hat eine geistreiche Andeutung gegeben, dass eine gewisse Quantität von Basen bei jeder Pflanze auf jedem Standorte constant zu sein scheine. Vielleicht sind das solche, deren die Zelle nicht entbehren kann, um die chemischen Processe in ihr auszugleichen. Ein ähnliches Verhältniss mag, wie im Paragraphen angedeutet, auch zwischen einigen in der Zelle selbst gebildeten schädlichen Stoffen stattfinden, die sich zusammen zu einem unschädlichen Salz verbinden.

Sodann wird hier wichtig, dass sich durch die chemischen Processe in der Zelle auch eine Menge Stoffe bilden, die eine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben. Diese werden, wenn ihnen in der Zelle selbst nicht genügender Sauerstoff dargeboten wird, denselben von Aussen aufnehmen, da nach *Dalton's* und *Graham's* Versuchen eine feuchte Membran dem Durchdringen von Gasarten kein Hinderniss in den Weg legt. Auf diese Weise entsteht eine ganz neue Aufnahme von fremden Stoffen in die Zelle, die von der eigentlichen Ernährung ganz unabhängig ist. Bis jetzt ist noch nicht zu entscheiden, ob auf diese Weise nicht auch noch andere Gasarten, z. B. Kohlensäure von dem Zelleninhalt aufgenommen werden. Gewiss ist, dass durch diese Oxydation die Stoffe in ein anderes Verhältniss zu den schon vorhandenen gesetzt werden müssen und so abermals ein neues Spiel chemischer Thätigkeiten einleiten können.

III. Von der Ausscheidung der Stoffe aus der Pflanzenzelle.

§. 35.

Der Endosmose, wodurch Flüssigkeiten in die Zelle geführt werden, entspricht nothwendig eine Exosmose. Ein kleiner Theil des Zelleninhalts tritt heraus. Auch ist kein Wahlvermögen der Zelle anzunehmen, sondern Alles, was im Zelleninhalt gelöst ist, wird mit ausgeschieden und nur in der Weise tritt eine Modification ein, dass hier wie bei der Endosmose die verschiedene Anziehung der einzelnen Stoffe innerhalb und ausserhalb der Zelle zu einander sich geltend macht.

Hierüber ist bis jetzt nur bei Gelegenheit der Wurzelausscheidung die Rede gewesen. Erst müssen wir aber fragen wie es bei der einzelnen Zelle steht, denn nur aus solchen besteht das Aeussere der Wurzel. Hier ist nun gleich klar, dass wo Endosmose ist auch Exosmose stattfinden muss, und das Leugnen der Ausscheidung von solchen, die (wie *Meyen***) Endosmose als Grund der Aufnahme angeben, ist ganz unbegreiflich. So viel versteht sich aber von selbst, dass hier nicht die Rede davon sein kann, dass die Pflanze die Eigenschaft hat, diejenigen Stoffe, die ihr nicht brauchbar sind, auf diesem Wege abzuführen, wenn wir nicht eine physikalische oder chemische Ursache dafür anzugeben im Stande sind, warum grade diese Stoffe vorzugsweise ausgeschieden werden sollten. So gut wie der auf eine bestimmte Weise eingeleitete chemische Process, den wir Zellenleben nennen, nicht fortgeführt werden kann, wenn die Zelle nicht die dazu nöthigen Stoffe durch Endosmose erhält, ebensogut hört dieser Process auch auf, wenn ihr die störenden Stoffe nicht durch Exosmose oder durch andere physikalische Vorgänge entzogen werden, aber keinen Sinn hat es zu sagen, ihr käme die Kraft zu, was ihr schädlich ist, auszuscheiden, schon deshalb, weil das ein Urtheil über schädlich und unschädlich voraussetzen würde, was doch für die Pflanze ohne Sinn ist.

Die durch Exosmose ausgeschiedenen Stoffe können aber im Augenblick des Austritts schon wieder durch die ihnen entgegentretenden Einflüsse verändert werden, so dass wir vielleicht in vielen Fällen das eigentliche Product der Exosmose gar nicht kennen lernen. Hierfür spricht eine höchst merkwürdige Analogie. Der Keimungs-

---

* Organische Chemie S. 85 ff.

** Physiologie Bd. 2, S. 27 ff. und 524 ff.

process verwandelt vermöge des Klebers die Stärke in Dextrin, dieses in Zucker und diesen abermals in andere Stoffe, dabei wird Kohlensäure entbunden und Essigsäure* ausgeschieden, die sich aber in den Keimen nicht frei vorfindet. In der Gährung verwandelt der Kleber die Stärke in Gummi, Zucker und zerlegt diesen in Kohlensäure und Alkohol, welcher sich leicht (z. B. durch Platinmohr) mit condensirtem Sauerstoffgas in Essigsäure verwandelt. Gewiss ist hier die Analogie so schlagend, dass man versucht wird, die fehlenden Momente durch die Hypothese zu ersetzen, dass auch beim Keimen Alkohol gebildet, aber sogleich beim Austreten mit Sauerstoff zu Essigsäure verbunden ausgeschieden wird.

Eines kommt hier noch in Betracht, was gewiss die Exosmose beträchtlich modificirt, nämlich die Anziehung, die gleichartige Stoffe zu einander zu haben scheinen. Aus einer Flüssigkeit, die zwei verschiedene Salze in concentrirter Lösung enthält, kann man durch Hineinlegung eines Krystalls der einen oder anderen Art das eine oder das andere Salz auskrystallisiren lassen. Ebenso scheint eine Zelle bestimmte Stoffe vorzugsweise dahin abzugeben, wo sich schon eine grössere Menge desselben Stoffes befindet. Wenigstens erklärt sich so am leichtesten, warum die einen Gummigang begrenzenden Zellen grade nur Gummi in denselben hinein absondern.

Manches hierüber wird noch unten bei der Wurzel vorkommen.

§. 36.

Wenn in der Zelle freie Gasarten vorkommen und zwar mehr als die Flüssigkeit aufgelöst festhalten kann, so entweichen sie natürlich durch die Zellenwand, die ihrem Austritt kein Hinderniss in den Weg legt. Wenn die Flüssigkeit grade mit einer Gasart gesättigt ist, so kommt es auf die Natur der in der Umgebung der Zelle enthaltenen Gasart an, ob nach dem *Dalton*'schen Gesetz des Gleichgewichts der Gase ein theilweiser Austausch erfolgt oder nicht. Die auf diese Weise entbundenen Gasarten sind hauptsächlich Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserstoff.

Die am allgemeinsten vorkommenden Processe in der Zelle sind Wasserzersetzung mit Bindung des Wasserstoffs und Zersetzung der assimilirten Stoffe unter Bildung von Kohlensäure**, seltener wie bei den Pilzen Wasserzersetzung mit Freiwerden des Wasserstoffs***. Dazu kommt, dass mit dem Wasser von der Pflanzenzelle auch die in demselben gelösten Gasarten, namentlich Kohlensäure aufgenommen werden. So finden sich in derselben beständig freie Gasarten, die nicht immer gleich in andere chemische Verbindungen eintreten, also frei aus der Zelle entweichen müssen. Hier bieten sich uns nur die beiden im Paragraphen genannten Verhältnisse dar. Der Process wird zuweilen sehr einfach auftreten, z. B. bei der so einfach vegetirenden Confervenzelle, wo nur Kohlensäure aufgenommen und nur Sauerstoff in Folge der Wasserzersetzung ausgeschieden wird****. Hier kann die *Dalton*'sche Austauschung der Gase nicht wohl in Betracht kommen, weil die Quantitäten nicht dem Gesetz entsprechen.

Den Zelleninhalt dem Gummi und Zuckerwasser gleichgesetzt enthält derselbe ohngefähr 70 Volumenprocente Kohlensäure, wenn er ganz gesättigt ist. Wird diese gebunden und eine aequivalente Menge Sauerstoff frei, so müssen ohngefähr 63 Volumen % entweichen, weil nur etwa 6—7 Vol. % von derselben Flüssigkeit aufgelöst

* Nach *Becquerel*.

** Vergl. weiter unten bei der Lehre vom Keimen.

*** Vergl. *v. Humboldt, Flor. frib. spec. p.* 179 *sq.*

**** Grade hierbei wurde zuerst von *Priestley* im Jahr 1773 der ganze Process der Gasausscheidung und zugleich das Sauerstoffgas entdeckt. Vergl. *Priestley* Beobachtungen und Versuche über verschiedene Gattungen der Luft. A. d. Engl. Wien und Leipzig 1778—80. 3 Theile.

erhalten werden können; also entweichen etwa $^9/_{10}$ des Volumens der aufgenommenen Kohlensäure als Sauerstoff. *De Saussure's* directe Versuche an Pflanzen weissen nun nach, dass grade dies ohngefähr das Verhältniss zwischen aufgenommener Kohlensäure und entweichendem Sauerstoff in der Wirklichkeit ist. Modificirt werden die bestimmten Maasse allerdings noch durch viele kleine Nebenumstände, indem ein Theil der aufgelösten Gasarten nach dem *Dalton*'schen Gesetz ausgetauscht, ein Theil chemisch gebunden werden kann u. s. w.

Man nennt dies gewöhnlich den Athmungsprocess der Pflanze mit eben der Verkehrtheit, womit man überhaupt die Prädicate des Thieres auf die Pflanze überträgt. Sehr viel complicirter wird natürlich der Vorgang, wo neben dem genannten einfachen Zersetzungsprocess, wie gewiss häufig geschieht, noch durch andere chemische Zersetzungen Gasarten frei werden und zugleich die in der Zelle enthaltenen Stoffe (Harze und dergl.) Gasarten, z. B. Sauerstoff von Aussen aufnehmen, um sich damit zu verbinden.

IV. Gestaltung der assimilirten Stoffe.

§. 37.

Durch die assimilirten Stoffe wächst die Pflanzenmembran auf eine solche Weise, dass sie ebensowohl ausgedehnt wird, also einen grösseren Raum umschliesst, als auch in ihren Wänden verdickt wird.

Wahrscheinlich ist hier die Ursache des Wachsthums die Anziehung des Gleichartigen, wie bei dem Krystall, der in eine Flüssigkeit gelegt derselben die ihm gleichen Theile entzieht und dadurch wächst. Nur lagert sich hier der angezogene Stoff nicht schichtenweise auf die Fläche des schon Geformten ab, sondern durchdringt in halbflüssigem Zustande die fertige Membran, um sich in ihr gleichförmig zu vertheilen, mehr aber in der Richtung der Fläche als in der Dicke sich mit dem schon fertigen Stoff verbindend. Deshalb findet man, dass, so lange die Zelle homogen fortwächst, dieselbe nie eine bedeutende Dicke erreicht. Wir haben gar keinen vernünftigen Grund anzunehmen, dass die isolirte Zelle schon durch Apposition wachse, vielmehr deutet Alles darauf hin, dass hier eine ächte Intussusception stattfinde. Eine geistreiche Erörterung hierüber hat *Schwann** gegeben. Dass zuweilen ein Theil der Membran stärker ernährt wird als der andere, ist schon oben (§. 24. u. 25.) erörtert.

§. 38.

Zu einer bestimmten Zeit hört aber die Zellenmembran ganz oder doch grösstentheils zu wachsen auf, und die assimilirten Stoffe, die von nun an in der Art gebildet werden, dass sie in eine feste Form übergehen müssen, lagern sich in einer eigenen Schicht auf die innere Fläche der Membran ab und zwar in den schon oben (§. 16.) betrachteten Formen. Dieser Process wiederholt sich dann so oft, als noch Stoffe gebildet werden.

Bei der Krystallbildung finden wir, dass sich die den Krystall vergrössernden Schichten stets nur in einer bestimmten Dicke bilden, und wenn diese Dicke erreicht ist, die Bildung einer neuen Schicht beginnt. Ganz dasselbe finden wir in der Pflanzenzelle, nur mit dem Unterschiede, dass diese hohl ist und die Mutterlauge sich im Innern befindet, weshalb sich die neuen Schichten auch von Innen anlagern. Von der Ursache, die bei diesen neuen Schichten die spiralige Anordnung veranlasst, wissen wir noch nicht das Geringste. Nur so viel kann man bis jetzt sagen, dass sich in der runden,

* Mikroskopische Untersuchungen S. 229 ff.

oder länglichen isolirten Zelle weder Schichtenbildung, noch auch eben deshalb spiralige Anordnung derselben zeigt. Die erste Andeutung davon finden wir in den *Spirogyra*-arten, aber hier ist der spiralig abgelagerte Stoff nicht Bildungsstoff für die Zelle, sondern Chlorophyll, welches in dieser eigenthümlichen Form auftritt. Dieses spiralige Chlorophyll ist eine nach Aussen concave Rinne und nimmt in seine Höhlung einen wasserhellen Stoff auf, der vielleicht eine wirkliche Spirale ist. Doch muss ich gestehen, dass mir die Sache noch sehr unklar blieb.

Leicht ist einzusehen, dass es ein sehr variables Verhältniss sein muss, in welchem die neue Schicht zu der alten rücksichtlich ihrer Vereinigung steht. Das Wachsthum der primären Zellenmembran dauert oft noch einige Zeit fort, nachdem die zweite Schicht schon gebildet ist, und da muss sich natürlich diese neue Schicht von der alten trennen, wenn sie im Wachsthum nicht gleichen Schritt hält. Besteht die neue Schicht, was sehr häufig der Fall zu sein scheint, aus einer andern Modification des assimilirten Stoffes, oder ist die erste Schicht sehr fest und unlöslich geworden, ehe sich die andere bildete, so wird ebenfalls eine weniger enge Verbindung beider stattfinden u. s. w. Nichtsdestoweniger bleibt die neue Schicht ihrem Wesen nach immer dasselbe, nur ihre Form wechselt in Folge dieser Verschiedenheiten, wie schon oben (§. 17.) weiter ausgeführt ist.

§. 39.

Die in der Zelle enthaltenen Stoffe werden nicht allein zur Ausbildung der Zelle selbst oder zur Bildung neuer Zellen (§. 13.) verwendet, sondern erscheinen auch unter mannigfachen Aggregatzuständen und Formen als Zelleninhalt. Bei den organischen Stoffen geht das Flüssige ganz allmälig in das relativ Feste (nicht eigentlich Starre) über; bei den stickstofffreien Substanzen, Gummi, Dextrin, Gallerte, Amyloid, Stärke u. s. w. durch allmäliges Entziehen des Lösungsmittels (Wasser) und ähnlich bei den stickstoffhaltigen Substanzen, dem Protoplasma. Manche dieser Stoffe zeigen dabei auffallende bestimmt hervorzuhebende Gestalten. Ausser den Krystallen unorganischer Salze finden wir in der Zelle Stärke-, Inulin- und Proteinkörnchen, grössere Gummi- und Harzballen, Oeltropfen u. s. w. Am auffallendsten bleibt aber eine eigenthümliche Form des Protoplasma, welches in bestimmten Zellen der Antheridien bei Characeen, Moosen, Lebermoosen und Farnkräutern als ein Spiralfaden mit 1—2½ Windungen erscheint, und eine andere wo dasselbe die Form kleiner zellenähnlicher Bläschen annimmt, wie in den Zellen der saftigen Beeren, Trauben, Stachelbeere, Nachtschatten u. s. w.

Unendlich verschiedenartig erscheint der Inhalt der einzelnen Zellen von einem Gemenge vieler sehr verschiedener, flüssiger und fester Stoffe bis zur Erfüllung der Zelle durch fast einen einzigen flüssigen oder festen Körper. Aetherisches Oel füllt häufig eine einzelne Zelle ganz aus, ebenso Harz, oder der noch nicht chemisch bestimmte Stoff, welcher roth, bräunlich, oder farblos eine feste, die Zelle ganz ausfüllende Masse bei vielen Algen bildet (*Kützing's* hologonimische Zellen). In den grünen lebhaft vegetirenden Zellen finden wir gewöhnlich folgendes. Die innere Fläche ist mit einer continuirlichen sehr zarten Schicht halbflüssigen Protoplasma ausgekleidet (*Kützing's* Amylidzelle, *Mohl's* Primordialschlauch). An dieser Schicht kleben festere Schleimkörnchen und Stärkekörnchen; Chlorophyll gewöhnlich halbflüssig überzieht diese Körnchen oder hängt jenem Schleim an, zuweilen wie bei den *Spirogyra*-arten in spiraligen am Rande gezackten Bändern*. Auf Stärke kann das Chlorophyll nur

* *Kützing's* Angabe, dass sich die Amylidzelle zu jenen spiraligen Bändern mit zerrissenen Bändern zusammenziehe (*Phycologia generalis* S. 49.) beruht auf ungenauer Beobachtung. Der zarte Schleimüberzug ist neben den spiraligen Bändern vollständig vorhanden.

abgelagert sein oder es kann sich Stärke wohl im Chlorophyll, aber niemals aus demselben bilden. Dem widerspricht durchaus die Chemie (§. 12, 1). Den übrigen Raum füllt eine gewöhnlich dünne, ziemlich helle Flüssigkeit, ein Gemisch von Dextrin, Zucker und Eiweisslösung im verschiedensten Menschenverhältniss aus. Darin finden sich noch oft feinere halbflüssige Proteinkörnchen, Inulin, ganz feine Oeltröpfchen, und Chlorophyll in verschiedener Vertheilung: selten dagegen in ganz lebendigen Zellen anorganische Krystalle (wie zuweilen bei *Spirogyra*). Von diesen Stoffen fehlt aber bald dieser, bald jener, oder ist in grösserer oder geringerer Menge vorhanden. Krystalle, besonders grössere Mengen kommen gewöhnlich nur neben einer wasserhellen Flüssigkeit mit wenigen organischen Stoffen, z. B. Dextrin zusammen vor. Oele und Harze oft ganz allein. Ueber die Gestalten aller dieser Stoffe ist schon früher (§. 7, 9, 10) das Nöthige gesagt. Hier will ich nur noch drei auffallende Verhältnisse erwähnen.

a. Wenn man die Wurzelfasern von (blühendem) *Neottidium nidus avis* untersucht, findet man zunächst unter der Oberhaut gewöhnlich drei Lagen von Zellen; die erste aus Zellen etwa 3 Mal so lang wie die Oberhautzellen und eben so breit wie diese, die zweite und dritte aus eben so langen Zellen, die aber so breit als lang sind, bestehend. Nach innen folgen dann sogleich eben so breite aber 3—4 Mal so lange Zellen, welche Stärke enthalten. Jede Zelle der äussersten jener drei Lagen enthält eine längliche unregelmässige Masse eines halb festen gelblichen Stoffes (coagulirtes Protoplasma?) die Zelle fast ganz ausfüllend. Jede Zelle der innern Lage ebenfalls, doch mischen sich darein einzelne Fasern; die Zellen der mittleren Lage endlich enthalten einen sie fast ganz ausfüllenden Ballen einer etwas mehr bräunlichen Masse, die aus wenig formloser Substanz, dagegen fast ganz aus in einander gewundnen Fasern besteht, die denen in der innern Zellenschicht vorkommenden sehr ähnlich sind. Diese Fasern, die man auf den ersten Blick geneigt sein könnte für Spiralfasern anzusehen, zeigen bei genauerer Untersuchung sich einmal ganz unordentlich durcheinander geschlungen und zweitens sind sie nicht solide, sondern derbwandige Röhren mit ziemlich weitem Lumen. Oft sind sie unregelmässig angeschwollen, zeigen kürzere blindgeendigte Seitenäste, oft sind sie langverästelt, ihre Enden sind gewöhnlich etwas breiter und besonders in der Nähe derselben bemerkt man in völlig regellosen Zwischenräumen Scheidewände aus einem hellgelblichen Stoffe bestehend, so dass sie einigen Conferven nicht ganz unähnlich scheinen. Ueber die Bedeutung dieser eigenthümlichen Bildungen weiss ich gar nichts zu sagen. Als einzige eben so isolirt und räthselhaft dastehende Analogie kann man das von *Gottsche* in *Preissia cummutata* entdeckte Verhältniss anführen. Hier werden die einzelnen Zellen von ähnlichen Röhren durchsetzt, die wie es scheint selbst die Zellenwände durchbohren. Aehnliches soll sich auch in den Rindenzellen der Wurzeln von *Trifolium rubens* finden. In allen diesen Fällen kann nur Entwickelungsgeschichte Aufklärung hoffen lassen.

b. In den Antheridien der Characeen, Laub- und Lebermoose sowie der Farnkräuter bildet sich, wie es scheint, in den ganz zarten Zellen das Protoplasma zu einem Spiralfaden um, dessen Bildungsgeschichte noch keineswegs ganz aufgeklärt ist. Insbesondere bedarf sein Verhältniss zu der zarten Auskleidung der Zelle noch einer genaueren Untersuchung und es möchte auch vielleicht noch die Frage zu entscheiden sein, ob die Zellen, in welchen sich diese Spiralfäden entwickeln, wirkliche vollständige Zellen oder nur Kernzellen, d. h. hohl gewordene Zellenkerne sind. Die besten neueren Untersuchungen darüber sind von *Nägeli**.

c. Zur Zeit der völligen Reife finden sich in den Zellen saftiger Früchte, der Trauben, der Stachelbeeren, vieler Solanumarten u. s. w., zahlreiche kleinere oder grössere kugelrunde ganz zartwandige Bläschen, deren Wand aus einem schwachkörnigen Protoplasma, deren Inhalt aus einem wässrigen oft gefärbten Safte besteht. So weit ich

* *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Bd. I. Heft 1. S. 168 ff.

sehen konnte entstehen sie gleich in ihrer spätern Grösse als Blasen des Primordialschlauches, dem sie anfänglich flach aufsitzen. Später schnüren sie sich ab. — *Hartig**, der sie mit manchem andern vermengt, nennt sie Metacardzellen. *Karsten*** verwechselt sie mit den Hefezellen. *Nägeli**** zählt sie zum Theil mit zu seiner abnormalen Zellenbildung. Ich halte sie für völlig unselbständige Formen und für keiner weitern Entwickelung fähig.

V. Bewegung des Inhalts der Pflanzenzelle.

§. 40.

Wir finden in der Pflanzenzelle eine doppelte Form der Bewegung ihres flüssigen Inhalts, über deren Ursachen wir noch gänzlich im Dunkel sind. In den meisten Pflanzen aus den Familien der Characeen, Najaden und Hydrochariden ist in jeder Zelle ein einfacher an der einen Seite aufsteigender, an der andern Seite absteigender Strom einer durch Farbe, Consistenz (Schleimigkeit) und Unlöslichkeit in wässerigen Flüssigkeiten von dem übrigen wasserhellen Zellensaft verschiedenen Flüssigkeit zu beobachten, die in einigen besonders dadurch sichtbar wird, dass er die im Safte enthaltenen Kügelchen (Stärkemehl, Chlorophyll, Schleim u. s. w.) mit fortführt, meistens aber auch für sich deutlich genug erkannt wird.

Am besten ist die Bewegung in den *Nitella*-arten, in den Wurzelhaaren von *Hydrocharis morsus ranae* und in *Vallisneria spiralis* zu beobachten. Alle drei haben ihre Eigenthümlichkeiten.

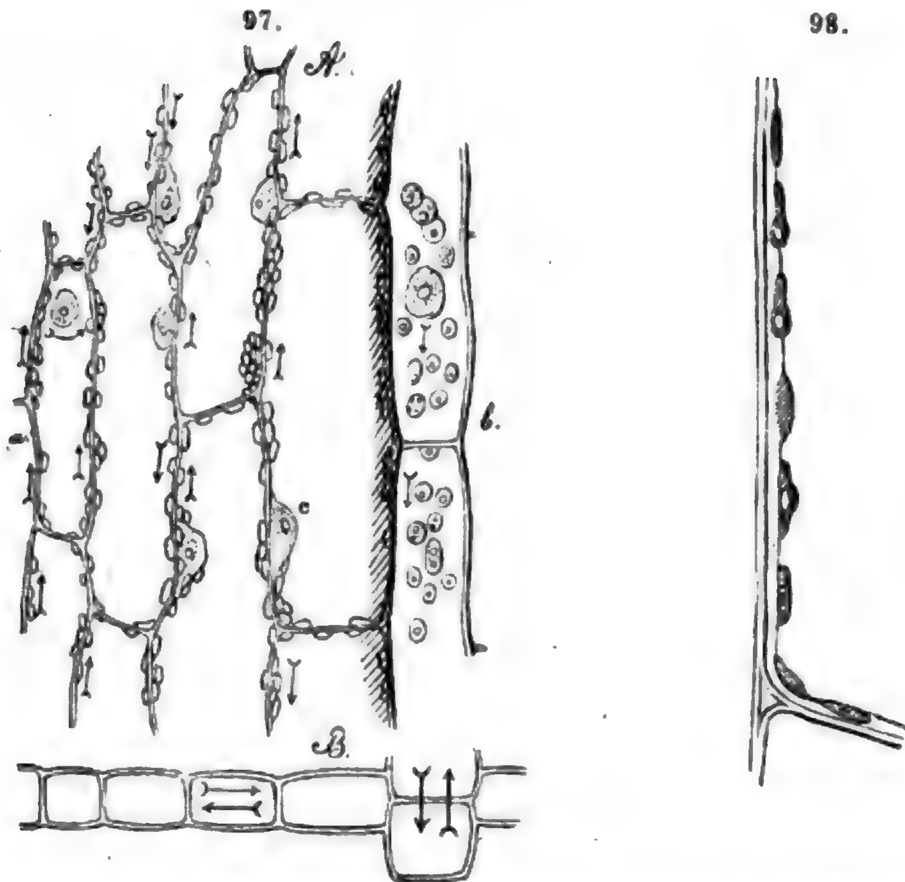
Bei *Nitella* ist der strömenden Flüssigkeit sehr viel, so dass nur ein schmaler Streif in der Zelle zwischen auf- und absteigendem Strom in relativer Ruhe bleibt. Der Strom ist stark und rasch und reisst bedeutend grosse Stärkekörnchen mit fort. Er ist nicht vollkommen der Axe der Zelle parallel, sondern schneidet sie in einem kleinen Winkel. Wo zwei Zellen zusammengrenzen, haben die an der Scheidewand verlaufenden Ströme eine entgegengesetzte Richtung, daher liegen in der ganzen Pflanze die aufsteigenden Ströme an einer Seite und zwar bilden sie wegen ihrer schrägen Richtung eine Spirale; ebenso die absteigenden. In der frühesten Jugend sind die Zellen völlig durchsichtig, später wird dies gestört dadurch, dass sich eine Menge mit Chlorophyll überzogene Körnchen an der Wand, grade da wo die Ströme sind, in engen parallelen Reihen anordnen und nur an beiden Seiten den kleinen Raum zwischen den Strömen frei lassen. Unterbindet man vorsichtig die Zelle, so stellt sich in Kurzem der Strom in jedem unterbundenen Stücke wieder her. Schneidet man die Zelle durch, so fliesst die circulirende Flüssigkeit nur an einer Seite in dem der Oeffnung zugerichteten Strom aus, die andere Flüssigkeit vollendet erst ihren ganzen Lauf durch die Zelle, bis sie ebenfalls zum Ausfluss kommt. Was dem Leben der Pflanze schädlich ist, schadet auch der Saftbewegung, was jenes erhöht, befördert auch diese. Ganz gleich verhält sich die Sache bei *Chara*, nur ist hier die Beobachtung nicht so leicht. Bei keiner Pflanze, die sonst noch Circulation zeigt, findet sich das Zusammentreten der Stromrichtungen zu einer aufsteigenden und einer absteigenden Spirale. Bei *Hydrocharis* ist wegen der völligen Durchsichtigkeit der von Natur isolirten Haarzellen der Wurzel die Beobachtung ausnehmend leicht. Bei *Vallisneria* (97, 98) muss man freilich immer erst das Blatt der Fläche nach spalten, um es zur bequemen Beobachtung durchsichtig genug zu machen, aber dies thut der Bewegung keinen Eintrag, denn in wenig Minuten zeigt sie wieder ihre vorige Lebendigkeit. Hier ist die circu-

---

* Das Leben der Pflanzenzelle. Berlin 1844.

** Die Urzeugung (in: Botanische Zeitung Sp. 457 ff.).

*** Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft 3 u. 4 (1846) S. 23 ff.



lirende schleimige Flüssigkeit sehr gering und bildet nur einen ganz dünnen Ueberzug an zwei gegenüberstehenden Wänden, hat aber Gewalt genug, die ziemlich grossen meist flach linsenförmigen mit Chlorophyll überzogenen Körnchen mit fortzuführen. Bei *Najas major* und *Caulinia fragilis*, im Fruchtstiel der Jungermannien (nach *Meyen*) sind die Bewegungen ganz ähnlich. Am schwierigsten ist die Beobachtung bei *Stratiotes aloides*, und bei oft wiederholten Untersuchungen an allen *Potamogeton*-arten ist es mir nur zweimal gelungen, wirklich die Bewegung zu sehen; leider habe ich vergessen, die Arten zu bemerken.

Bei der allersorgfältigsten Untersuchung mit den besten Instrumenten ist es mir nicht gelungen, eine Spur von schwingenden Wimpern als Ursache der Bewegung aufzufinden, auch ist es sehr unwahrscheinlich, dass solche existiren. Wo dieselben bei Thieren und Pflanzen aufgefunden sind, erscheinen sie als Fortsätze der Zelle nach Aussen, nirgends zeigt sich eine Spur derselben im Innern der Zellen. Diese ganze Art der Circulation scheint überhaupt ein durchaus der vegetabilischen Zelle eigenthümliches Phänomen zu sein und mit ihrer ausgebildeten Individualität zusammenzuhängen. Alle genannten Pflanzen, bei denen die Circulation mit Sicherheit beobachtet ist, sind in Wasser lebende oder doch sehr die Feuchtigkeit liebende Pflanzen aus sehr niedrig stehenden Familien, deren Zellen eine grosse Selbstständigkeit zeigen, so dass einzelne abgeschnittene Stückchen der Pflanze (z. B. von den Blättern der *Vallisneria*) oft noch Monate lang lebendig bleiben. Die angeblichen ähnlichen

97. *A* Schnitt parallel der Fläche aus dem Blatte von *Vallisneria spiralis*. In den Zellen von *a* bis *e* sieht man den Saftstrom, dessen beobachtete Richtung in jeder Zelle durch den Pfeil bezeichnet ist, von der Seite. In den Zellen bei *b*, die den durch den Schnitt geöffneten Luftcanal von der Seite begrenzen, sieht man nur die vordere Hälfte des Stromes in seiner ganzen Breite. Der sehr gelatinöse Zellenkern circulirt im Strome mit. *B* zeigt zur Erläuterung denselben Schnitt im Grundriss.

98. Ein Theil aus dem Schnitt Fig. 98 stärker vergrössert. Die Dicke des Stromes übertrifft noch die Dicke der doppelten Zellenwand; die länglichen schraffirten Körperchen sind die vom Strome fortgeführten linsenförmigen Chlorophyllkörnchen, zugleich ist ihre verschiedene Gestalt und ihre verschiedene Lage in der circulirenden Flüssigkeit ausgedrückt.

Circulationen bei höheren Landpflanzen muss ich vorläufig dahin gestellt sein lassen, da es mir nie gelang, auch nur eine einzige hierher gehörige Beobachtung zu machen.

Geschichtliches und Kritisches. Im Jahr 1772 entdeckte *Bonaventura Corti* die Circulation des Saftes in einigen Charen und in *Caulinia fragilis* (*mia pianta*, wie er sie beständig nennt) und dehnte diese Beobachtungen auch auf viele Land- und Wasserpflanzen aus, deren Bestimmung jetzt grösstentheils unmöglich ist. *Fontana* bestätigte diese Entdeckungen und klärte zugleich einige Irrthümer auf, in die *Corti* anfänglich verfallen war. Beide Männer hatten so genau beobachtet und so vielfach experimentirt, dass die Folgezeit nichts Wesentliches hat hinzufügen können. Ihre Entdeckungen wurden aber in der Zeit der sammelsüchtigen *Linné*'schen Schule so ganz vergessen, dass *C. L. Treviranus* erst 1807 die Bewegung des Saftes in den Charen, *Amici* 1819 in *Caulinia* aufs Neue entdeckte, wozu später *Meyen* die andern genannten Pflanzen hinzufügte, nachdem *Horkel* die *Corti*'schen Schriften wieder aufgefunden und auf ihren Inhalt aufmerksam gemacht hatte.

Den angeblichen *Corti*'schen Beobachtungen über Landpflanzen ist, wie gesagt, nicht nachzukommen. *Meyen** sprach früher viel davon, dass er sie alle bestätigt, ohne sich eben sehr aufs Detail einzulassen, wobei ich nämlich bemerke, dass er die im folgenden Paragraphen beschriebene Bewegung damals, als er seine Phytotomie schrieb, noch nicht kannte, oder doch nicht unterschied. In seinem neuesten Werk** übergeht er sie mit einem, wie es scheint, klugen Stillschweigen. In seiner Preisschrift giebt *Meyen* an, dass er die Bewegung auch an *Pistia Stratiotes* beobachtet hat. Vielfach hat *Meyen* und Andere die hier beschriebene Circulation mit der folgenden verwechselt.

Corti's schon von *Fontana* widerlegte Ansicht, dass eine Scheidewand in der Zelle den auf- und absteigenden Strom scheide, ist später oft wiederholt, aber leicht als falsch zu erkennen. Die von *Amici*, *Dutrochet* und Andern vorgetragene Phantasie von einer galvanischen Bewirkung der Bewegung, wobei die Reihen der Chlorophyllkügelchen in den Charen die Kette darstellen sollten, ist eine unwissenschaftliche Spielerei mit hinkenden Vergleichungen. Sie widerlegt sich einfach dadurch, dass an der keimenden Chara die Circulation früher vorhanden ist, als die Kügelchen und ihre Anordnung.

§. 41.

In fast allen ihrer Lagerung oder Ausbildung nach sehr selbständigen Zellen zeigt sich ein eigenthümliches System kleiner vielfach verästelter anastomosirender Strömchen einer schleimigen mit kleinen dunkeln Körnchen gemischten Flüssigkeit, welche von dem immer gleichzeitig vorhandenen Zellenkern ausgehen und zu ihm zurückkehren, die innere Fläche der Zellenwand bedecken, oder quer durch die Höhlung von einer Wand zur andern laufen, ohne sich mit der übrigen meist wasserhellen Zellenflüssigkeit zu vermischen.

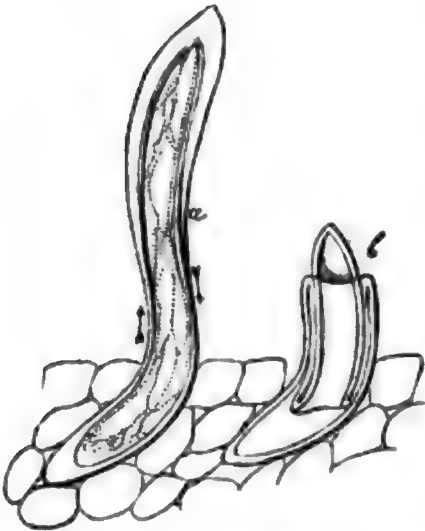
Bis jetzt fand ich diese eigenthümliche Form der Circulation bei vielen Kryptogamen, z. B. *Achlya prolifera*, *Spirogyra* und andern Hyphomyceten und Conferven, bei fast allen Haargebilden der Phanerogamen***, die ich bis jetzt untersucht habe, z. B. *Solanum tuberosum*, bei vielen Sporen, z. B. *Equisetum arvense*, und Pollenkörnern, z. B. *Oenothera grandiflora* im jüngeren Zustande, bei fast allen jüngeren Endospermzellen, z. B. *Nuphar luteum*, besonders solchen, die später

* *Meyen*, Phytotomie S. 182. Ueber die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie. Harlemer Preisschrift 1836, S. 165 und an andern Orten.

** Physiologie Bd. 2, S. 206 ff.

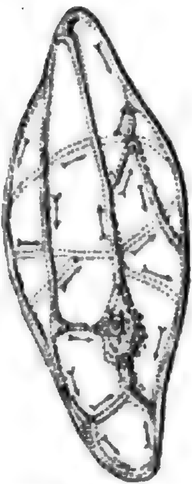
*** Man vergl. die Kupfertafel Fig. 13.

99.



wieder resorbirt werden, z. B. *Ceratophyllum demersum*, in fast allen Stigmapapillen, z. B. bei *Tulipa Gesneriana*, in den lockeren Zellen saftiger Früchte im jüngeren Zustande, z. B. bei *Prunus domestica*, in der aus den Saamensträngen entstandenen *Pulpa**, z. B. bei *Mamillaria*, seltener in dem lockeren, saftigen Parenchym mancher Pflanzen im jüngeren Zustande, z. B. *Tradescantia rosea*. Ich vermuthe sie in allen Pflanzenzellen, so lange der Zellenkern noch lebensthätig ist. Im Ganzen habe ich bis jetzt mehrere hundert Beispiele aus den verschiedensten Familien beisammen.

100.



Als leicht zu controlirendes Beispiel wähle ich hier die überall zu bekommenden Früchte der *Symphoricarpos racemosa* (Schneebeere, 100) oder einer *Mamillaria*. Jede Zelle ist hier ganz isolirt, mit einem farblosen, klaren Saft erfüllt. An einer Stelle der Wand klebt ein scharf umschriebener schwach granulöser, mit einem scharf gezeichneten Kernkörperchen versehener Kern. Der Zellenkern ist stets mit einem kleinen Hof der gelblichen, schleimigen, dicht mit kleinen dunklen Körnchen erfüllten Flüssigkeit umgeben, von ihm aus gehen Strömchen von verschiedener Breite und verschiedener Tiefe; am Rande, also von der Seite betrachtet, sieht man sie oft in deutlichen kleinen Wellen fortrücken; in einigen Strömchen ist die Richtung vom Kern abwärts, in andern zu ihm hin. In ihrem Verlaufe verästeln sich die Strömchen vielfach und anastomisiren unter einander; hier nur selten, bei andern Pflanzen häufiger, laufen einzelne Strömchen quer durch das Lumen der Zelle, um sich auf der andern Seite mit einem andern Strome zu verbinden. Manche Strömchen sind so fein, dass sie unter den stärksten Vergrösserungen wie eine Linie ohne alle Breite, nur durch die einzelnen Körnchen etwas knotig erscheinen. Zuweilen bricht ein Strömchen plötzlich ab, indem das vordere Stück abläuft, dann bildet sich am Ende des noch vorhandenen Stückes ein kleines Tröpfchen der Flüssigkeit, aus dem nach einiger Zeit der Strom in der alten oder einer neuen Richtung sich fortsetzt oder auch zwei oder mehrere Strömchen in neuer Richtung hervorgehen. Hiervon zeigen alle übrigen Zellen nur unwesentliche Abweichungen, von denen die interessanteste noch die bei *Ceratophyllum*** ist. Momente, welche beim zukünftigen Versuch einer Erklärung der in beiden Paragraphen beschriebenen Bewegungen zu berücksichtigen sein werden und vielleicht zu einer Erklärung leiten können, sind: die Endosmose und Exosmose, die nothwendig eine Bewegung des Zelleninhalts irgendwie bedingen müssen; dann die eigenthümliche Natur der circulirenden Flüssigkeit, ihre Unmischbarkeit mit dem wässerigen Zellensaft und ihre

99. Längsschnitt durch den Staubweg einer *Campanula* senkrecht auf die Fläche mit zwei Haaren. Das eine (*a*) in voller Ausbildung zeigt im Innern circulirende Flüssigkeit; die Spitze ist eingehüllt in eine Scheide von abgesonderter Gallerte. Das andere (*b*) hat seinen Inhalt verloren und ist in Folge dessen eingestülpt.

100. Eine einzelne freie Zelle aus der Beere von *Symphoricarpos racemosa*, mit Zellenkern und netzförmig verästelten Strömchen, deren beobachtete Richtung durch die Pfeile ganz genau angegeben ist.

* Man vergl. die Kupfertafel Fig. 7.

** Siehe meine Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen in der *Linnaea* Bd. II. (1837), S. 527 ff. Botanische Beiträge Bd. I. S. 213 ff.

grössere Adhäsion an die Zellenwände, sowie ihre grössere Cohäsion in sich. Bis jetzt sind wir freilich noch nicht im Stande, aus diesen Elementen etwas Brauchbares zu construiren.

Soweit sich mit Sicherheit darüber urtheilen lässt, erscheint die circulirende Flüssigkeit stets als Protoplasma. Wenn man Zellen, welche die hier oder im vorigen §. erwähnte Circulation zeigen, mit Alkohol oder Salpetersäure befeuchtet, so zieht sich das Protoplasma, indem es coagulirt, zusammen und man bemerkt, dass es in einer dünnen Schicht die ganze Wandfläche überzog und dass die Strömchen nur dickere Streifen desselben sind. Aehnliches findet in jeder Zelle statt, die noch jung ist. Sowohl in diesen als in den die Circulation zeigenden Zellen coagulirt häufig der Zelleninhalt von selbst in Folge der chemischen Vorgänge in der Zelle und giebt sich dann freiwillig von der Wand zurück. Bei verholzenden Zellen verschwindet allmälig diese Substanz. Auch durch Jod lässt sich in allen jungen Zellen der Ueberzug nachweisen. Sollte derselbe nicht immer Bewegung zeigen? Welchem Pflanzenanatomen könnten die zahllosen Fälle entgangen sein, wo in Zellen vom Zellenkern aus Schleimfäden sich strahlig ausbreiten? So oft ich diese Zellen in frühern Zuständen untersuchte, ist es mir nie misslungen bei der gehörigen Ausdauer die Circulation in diesen Fäden oder vielmehr Strömchen aufzufinden. Häufig ist jener Ueberzug so wenig granulös, dass eine Bewegung in ihm gar nicht zu beobachten wäre. Sollte nicht jene Bewegung ein ganz allgemeines Phänomen sein und mit der Assimilation der stickstoffhaltigen Substanzen aufs Innigste zusammenhängen?

Eine vortreffliche Arbeit über die Entstehung dieser Bewegungen haben wir neuerdings von *Hugo v. Mohl** erhalten. Er weist nach wie in der jungen anfänglich gleichmässig von Protoplasma erfüllten Zelle sich allmälig mehrere von einem wässrigen Saft erfüllte Höhlungen bilden, wie diese sich ausdehnen, nach und nach zusammenstossen und so endlich das Protoplasma auf eine dünnere Schicht an der Innenfläche der Zelle und verdickte Stellen in derselben, gleichsam Fäden, so wie auf einzelne quer durch die Zelle laufende Fäden zurückgedrängen; während gleichzeitig in allen diesen Fäden die Bewegung beginnt, oder doch wegen der nunmehr erst im früher homogenen Protoplasma auftretenden Körnchen anfängt sichtbar zu werden. Ich kann diese Darstellung lediglich bestätigen.

Geschichtliches und Kritisches. Entdeckt wurde diese Form der Saftbewegung 1831 von *Rob. Brown* an den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica***. *Slack*, *Meyen* und ich vermehrten insbesondere die Zahl der Beispiele. *Meyen* meint, in den Zellen der Haare von *Tradescantia virginica* sei ausser jenen Saftströmen nur Luft enthalten, was aber durchaus falsch ist; dass er *Rob. Brown* eine ähnliche Behauptung unterschiebt***, geht nur aus einem Missverstand des Englischen hervor, *Rob. Brown* spricht nur von der den Haaren adhärirenden Luft. *Slack**** meinte, dass in den Haarzellen bei *Tradescantia virginica* noch ein Schlauch enthalten sei und dass die Strömchen zwischen seiner Wand und der Zelle sich befänden. Genaue Untersuchung zeigt leicht die Falschheit dieser blossen Fiction. Nur höchst oberflächliche Beobachtung oder höchst mangelhafte Mikroskope können es erklären, wenn *Schultz* † diese Strömchen auf die Aussenwand der Zelle in ein eignes Gefässsystem (seine *Vasa laticis contracta*) versetzt. Eine einzige aufmerksame Beobachtung widerlegt ihn hinlänglich, sowie auch die angeführte Phänomene sogleich die Unmöglichkeit eines solchen Gefässsystems beweisen. *Meyen* schreibt die Bewegung nicht der Flüssigkeit, sondern den von derselben fortgerissenen Körnchen als

---

* Ueber die Saftbewegungen im Innern der Zelle (in: Botanische Zeitung 1846, Sp. 73 ff.).

** *On the sexual Org. etc.* in *Orchid. and Asclep. p.* 712.

*** Physiologie Bd. 2, S. 244 ff.

**** *Transactions of the society of arts etc. Vol.* 49 (1833).

† Flora 1834, S. 120 und seine Pariser Preisschrift über die Cyclose.

Selbstthätigkeit zu. Mir scheint das eine ganz grundlose Fiction zu sein, die bei *Meyen* * daraus hervorgegangen ist, dass er in einigen Fällen die Flüssigkeit übersah. Den ganzen Streit über die Existenz dieser wie der vorigen Bewegung übergehe ich als gänzlich antiquirt; wer heutigen Tages noch daran zweifelt, ist zu allen physiologischen Beobachtungen völlig unfähig.

§. 42.

Die im §. 39. am Ende erwähnten Spiralfäden in den Antheridien der Characeen, Laub-, Lebermoose und Farrnkräuter zeigen wenigstens in Berührung mit Wasser eine eigenthümliche Bewegung, der hauptsächlich eine Drehung um die Axe der Spirale zum Grunde liegt und welche sich bei den freien Fäden zunächst (nach dem Gesetz der archimedischen Schnecke) in eine fortschreitende verwandelt, sich aber noch mannigfach nach der verschiedenen Weite und dem verschiedenen Durchmesser der Windungen modificirt.

Die im Paragraphen erwähnte Bewegung ist bis jetzt noch eine der auffallendsten und räthselhaftesten Erscheinungen in der Pflanzenwelt neben dem Auftreten der beweglichen Wimpern. Bei solchen Phänomenen ist nur gar zu leicht ungezügelte Phantasie bei der Hand, die Lücken unserer Kenntniss, uneingedenk des paulinischen Kathartikons: »All unser Wissen ist Stückwerk«, durch sogenannte geistreiche Ansichten auszufüllen. Es ist deshalb auch früher hierüber viel zusammengefabelt worden. Man kann daher nicht vorsichtig genug sein, wenn man scheinbare Analogien andeutet, dagegen sich zu wahren, dass Niemand dieselben für wissenschaftlich begründete Ansichten annehme und darauf weiter baue. Ich ziehe es für mich immer vor auf diese Spiele der geschäftigen Phantasie soviel wie möglich zu verzichten, lieber meine Unwissenheit zu gestehen und ihre Unvermeidlichkeit aus der Sache selbst nachzuweisen. Es fehlt bis jetzt an nicht mehr als an Allem um über die fragliche Erscheinung irgend eine Ansicht zu haben. Zunächst kennen wir noch nicht einmal die morphologische Bedeutung der Organe, in welchen sich die zarten Zellen mit Spiralfäden entwickeln, über die Entwickelung der Zellen wissen wir noch viel zu wenig, ebenso wenig oder noch weniger über die Bildung der Spiralfäden, die chemische Natur der Spiralfäden können wir nur noch sehr unvollständig wahrscheinlich machen. Vom Mechanismus der Bewegung selbst wissen wir grade so wenig als von dem der sich bewegenden Wimpern, von der Ursache der Bewegung, von der bewegenden Kraft grade so viel wie von der Zusammenziehung der Primitivfaser des Muskels, von der Bewegung des thierischen Saamenfadens, so wie der schwingenden Wimpern an thierischen und pflanzlichen Zellen, d. h. absolut gar nichts. Eine Vergleichung dieser Bewegung mit der der Himmelskörper ist aber eine gänzlich verfehlte, denn der Anfang der Bewegung fällt bei den genannten organischen Gebilden in die Zeit, bei den Himmelskörpern aber nicht, deshalb geht uns bei letztern die Frage nach dem ersten Anstoss (der Tangentialkraft) gar nichts an, wohl aber bei den organischen Gebilden. Alle diese Bewegungen fallen ganz in dieselbe Kategorie wie die im folgenden Paragraphen zu erwähnenden. Unwissenheit und Geistesträgheit nennt sie ein »Urphänomen«. Besonnene und gediegene Naturforschung erkennt ihre temporäre Beschränktheit in dieser Beziehung, sowie die bestimmte Aufgabe an fernere Thätigkeit.

§. 43.

Wenn in einer Pflanzenzelle eine Menge sehr kleiner Körperchen, gleichviel ob organischer oder unorganischer Natur, z. B. kleine Stärkemehlkörnchen, kleine Krystalle u. s. w., in einer nicht zu dichten Flüssigkeit vorkommen, so zeigen

* Physiologie Bd. 2, S. 229 und sonst an vielen Stellen.

diese gewöhnlich eine zitternde Bewegung (Molecularbewegung genannt), deren Ursache uns noch unbekannt, aber auf jeden Fall keine mit dem Leben der Zelle nothwendig und ausschliesslich verbundene ist.

Man hatte zwar schon früher einige hierher gehörige Beobachtungen gemacht, aber entweder gar nicht beachtet, oder doch nicht verfolgt. Erst *Rob. Brown** im Jahr 1827 fasste diese Erscheinung im Zusammenhang auf und vollendete auch sogleich die Untersuchung so vollständig, dass fast nichts hinzuzufügen blieb und *Meyen*'sche Befangenheit in vorgefassten Ansichten dazu gehörte, um hier noch von einem vitalen Phänomen zu sprechen**.

Alle hinlänglich kleinen Körper, gleichviel ob organisch oder unorganisch, zeigen in einer nicht zu dicken Flüssigkeit suspendirt eine eigenthümliche oscillirende Bewegung ohne bedeutende Ortsveränderung. Bei fast allen Pflanzen findet man Beispiele davon in den Proteinkörnchen, Stärkemehlkörnern, Krystallen u. s. w., gleichviel ob sie noch in der Zelle eingeschlossen oder schon frei gemacht sind, wenn nur die Flüssigkeit sie suspendirt erhalten kann, so dass sie nicht zu Boden sinken. Eine solche Flüssigkeit ist vorzugsweise der Milchsaft und der Inhalt der Pollenkörner, deshalb beobachtet man hier auch am öftersten und leichtesten diese Bewegungen. Zufällig wurden diese Bewegungen grade in den letzten Theilen zuerst bekannt, weil man dieselben öfter und genauer untersuchte, als gewöhnliche Zellen, und sogleich war auch die Phantasie geschäftig, daraus allerlei wunderliche Systeme aufzubauen. Diese Bewegungen sind besonders Schuld, dass wir von speculativen Köpfen mit vegetabilischen Saamenthierchen beschenkt sind. Zu hoffen ist aber, dass wir bald wieder davon erlöst werden, wenn so treue und nüchterne Beobachter wie *Fritsche**** und *Nägeli*† für die Pflanzen, und *Kölliker*†† für die Thiere den Saamenthieren so gründlich den Krieg erklären. Dass die angeblichen Formenveränderungen der kleinen länglichen, halbmondförmigen Stärkekörnchen bei den Onagrarien auf Täuschung beruhen, ist bei aufmerksamer und vorurtheilsfreier Beobachtung leicht zu erkennen. Von einer vitalen Erscheinung kann schon deshalb nicht die Rede sein, weil die Bewegungen auch in weingeistiger Jodtinktur (ein absolutes Gift für alles Pflanzen- und Thierleben) ungestört fortdauern, wovon man sich leicht überzeugen kann und was von *Fritsche* (a. a. O.) mit bekannter Gründlichkeit für eine grosse Anzahl Pflanzen ausgeführt ist. Nur der, welcher in Vorurtheilen befangen überall nach Wunderdingen hascht und besonders, wenn nicht warnend und leitend eine gesunde Naturphilosophie zur Seite steht, kann in dem ganz natürlichen Vorkommen dieses ganz allgemeinen physikalischen Phänomens in dem Inhalte der Pollenzelle etwas Besonderes finden und durch Phantasien die Leere ausfüllen wollen, die ihm von der Natur gelassen scheint.

Ueber den Grund dieser Erscheinung wissen wir durchaus gar nichts; man hat vorläufig kleine elektrische Spannungen und Ausgleichungen in Folge chemischer Processe zur Erklärung vorgeschlagen. Besser ist es zu warten und seine Thätigkeit auf etwas Anderes zu werfen, als mit ganz unzeitigen und haltungslosen Fictionen sich und Andern die Zeit zu verderben.

---

* Vermischte Schriften herausg. von *Nees v. Esenbeck*. Bd. 4, S. 143 ff.

** Ebendaselbst Bd. 4, S. 367.

*** Ueber den Pollen. St. Petersburg 1837. Aus den *Mém. de l'acad. Imp. des sc. St. Petersb.* besonders abgedruckt S. 24 ff.

† Zur Entwickelungsgeschichte des Pollens bei den Phanerogamen. Zürich 1842.

†† Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Saamenflüssigkeit wirbelloser Thiere u. s. w. Berlin 1841, S. 49 ff.

VI. Bewegungen der Pflanzenzellen.

§. 44.

Bei den Sporenzellen einiger niedrigen im Wasser wachsenden Pflanzen zeigt sich eine Zeitlang, nachdem sie die Mutterzelle verlassen, zuweilen schon einige Zeit vor ihrem Austritt eine der Molecularbewegung ähnliche Ortsveränderung, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Bewegungen bedeutender sind und durch schwingende Wimpern hervorgerufen werden.

Wohl nirgends ist aus Mangel an gesunder Naturphilosophie mehr phantasirt worden, als bei dem gedachten Phänomen. Die Sache wurde noch verwickelter dadurch, dass in früheren Zeiten eine Menge von angeblichen Thatsachen durch unvollkommene Beobachtung gradezu gemacht wurden, die wirklich nicht existiren. *Meyen**, dem wir eine sehr fleissige Zusammenstellung aller hierauf bezüglichen Angaben verdanken, sagt in der Einleitung, er sähe sich genöthigt, die Thatsachen mit Kritik auszusuchen, geht aber nachher so kritiklos wie möglich zu Werke. Zwei Ursachen machen die älteren Beobachtungen von *Ingenhousz*, *Agardh*, *Wrangel*, *Wilke*, *Girod-Chantrans* und Andern völlig unbrauchbar oder doch sehr verdächtig, einmal dass sich die genannten Beobachter nicht genügend der Identität der ruhenden und sich bewegenden Körperchen versicherten, und zweitens, dass sie nach dem damaligen Stande der Wissenschaft und der Natur ihrer Instrumente gar nicht fähig waren, wirkliche Infusorien von den kleinen Sporen der Conferven u. s. w. zu unterscheiden. Man könnte auch noch das hinzufügen, dass bei den Conferven gar Vieles als Sporen angesehen ist, was nur Zelleninhalt war, z. B. Stärke, Chlorophyllkörner u. s. w. und was daher sehr natürlich unter Umständen die Molecularbewegung zeigte.

Als Beweis, wie begründet diese meine Skepsis ist, will ich nur bemerken, dass ein Mann wie *Kützing*, der 13 Jahre mit dem ausdauerndsten Fleisse die Algen beobachtete, doch in seinem ganzen Werke nur d r e i Fälle anzugeben wagt, bei denen er das in Frage stehende Phänomen selbst beobachtete.

Als sichere und brauchbare Thatsachen bleiben nur wenige Beobachtungen stehen, wo beobachtet wurde, dass die Sporenzellen austraten und sich bewegten, dann aber zur Ruhe übergingen und keimten. Letzteres muss insbesondere für die älteren Beobachtungen nothwendig hinzugefordert werden, weil wir auch Erfahrungen über das wirkliche Vorkommen von ächten Infusorien im Innern der Confervenzellen besitzen. Bei einer solchen ernsten Kritik, die uns allein vor Träumereien sicherstellen kann, bleiben mir von den bei *Meyen* (a. a. O.) und später in seiner Physiologie und den Jahresberichten aufgeführten Thatsachen nur sehr wenige stehen, die sich alle auf Sporenzellen beziehen, theils bei Conferven, theils bei Fadenpilzen. Dazu kommen noch einige neuere Beobachtungen von *Unger***, *Kützing**** und *Thuret*†. Mir ist nur erst bei zwei Pflanzen gelungen, eine hierher gehörige Beobachtung zu machen, nämlich an *Achlya prolifera* und *Vaucheria clavata DeC.* Diese Beobachtung genügt aber auch vollkommen, um die Thatsache selbst ausser Zweifel zu stellen. *Achlya prolifera* hat zwei Arten von Sporen, grössere, die sich in kleinerer Anzahl in kugelförmigen Sporangien bilden, und kleinere, die sich in grösserer Anzahl in den unveränderten fadenförmigen Endgliedern entwickeln. Von den Endgliedern trennt sich zur Zeit der Sporenreife ein kleiner Deckel; schon kurz vorher gerathen die Sporen in eine wimmelnde Bewegung, wobei eine wirkliche oft bedeutende Ortsveränderung stattfindet. Diese Bewegung dauert nach dem Austritt eine Zeitlang fort und hört endlich auf, worauf die Sporen oft schon nach wenigen Stunden keimen. Wenn

* *Rob. Brown*, Vermischte Schriften. Herausgegeben von *N. v. Esenbeck*, Bd. 4, S. 327 ff.

** *Unger*, die Pflanze im Momente der Thierwerdung.

*** *Kützing, Phycologia generalis.*

† *Thuret, les organes locomoteurs.*

ein solches Endglied geleert ist, wächst gewöhnlich ein neues solches Glied von der nächsten Scheidewand ausgehend in jenes hinein, oftmals das stehenbleibende ältere nicht ganz ausfüllend. Auch in diesem neuen Gliede bilden sich wieder Sporen, die dann bei ihrem Austritt zwei Oeffnungen zu passiren haben und zuweilen lange zwischen beiden Zellenwänden herumschwanken, bis sie zur zweiten Oeffnung herauskommen. Es ereignet sich aber auch, dass sie diesen zweiten Ausweg gar nicht erreichen und innerhalb des älteren Schlauches wenigstens den Anfang zur Keimung machen.

Bei *Achlya prolifera* ist noch keine Beobachtung bekannt geworden, welche im Stande wäre den Mechanismus der Bewegung aufzuklären. Meine eignen Beobachtungen stammen aus einer Zeit, in welcher ich erst anfing Botanik zu treiben. Bei *Vaucheria clavata* habe ich nur ein einziges Mal eine austretende und sich bewegende Spore beobachtet und mir fiel dabei sogleich die sich durch das Vorbeifliegen kleiner Körperchen offenbarende Strömung an beiden Seiten der Spore auf. Ich schloss daraus sogleich auf Wimpern, aber bei dem Versuche die Spore zu fixiren und genauer zu beobachten wurde sie durch einen unglücklichen Zufall zerstört. *Unger* und nach ihm *Thuret* haben genauere Beobachtungen darüber mitgetheilt und nachgewiesen, dass die ganze Zelle äusserlich mit schwingenden Wimpern bedeckt ist. *Thuret* hat Bewegung und schwingende Wimpern als Ursache derselben noch bei *Conferva rivularis* und *glomerata*, bei zwei Arten von *Chaetophora* und zwei Arten *Prolifera* (?) gefunden. *Kützing* sah blos die Bewegung bei *Achlya prolifera*, *Tetraspora gelatinosa* und *Ulothrix zonata*, ohne über ihre Ursache eine Beobachtung zu machen. Mit Ausnahme von *Achlya prolifera*, *Vaucheria clavata* und *Tetraspora gelatinosa* fanden *Kützing* und *Thuret* in den sich bewegenden Sporen einen röthlichen Fleck, dem bei grünen Monaden von *Ehrenberg* Augenpunkt genannten ähnlich. *Kützing* sah denselben bei den Sporen nicht nur schon in der Sporenhülle, sondern erkannte ihn auch noch an der ersten oder zweiten Zelle der sich wieder zur Conferve entwickelnden Spore. Alle diese Sporen mit Ausnahme von *Achlya prolifera* sind grün, während *Kützing* als Gesetz aufstellt, dass bei allen niedern Algen (seinen Isocarpeen) die ächten und reifen Sporen braun sind. Fernere genauere und umfassendere Beobachtungen dieses Phänomen sind noch unerlässlich, ehe irgend Schlüsse darauf gebaut werden dürfen.

Die niedern Conferven, Fadenpilze u. s. w. sind von jeher der Tummelplatz mystischer Träumereien gewesen, weil nirgends in der Botanik die Untersuchungen so schwierig zu machen, so schwer zu controliren sind. Hier ist vor allem nöthig, durch eine ächte Naturphilosophie, durch brauchbare leitende Maximen sich gegen alle unwissenschaftlichen Phantasiespiele zu schützen. Namentlich muss man hier, wenn man nicht die ganze Sicherheit der wissenschaftlichen Forschung preisgeben will, alle Beobachtungen von der Hand weisen, die nicht an unzweifelhaften Pflanzen gemacht sind. Ich habe deshalb hier wie überall die Diatomeen, Bacillarien u. s. w., kurz alle jene Gebilde, deren thierische Natur, mit wenigstens beachtenswerthen Gründen von *Ehrenberg* vertheidigt wird, ganz aus dem Spiele gelassen. Wer sich dafür interessirt, findet in den Meisterwerken *Ehrenberg's*, besonders in seinem grossen Infusorienwerke, sowie in den fleissigen Arbeiten *Kützing's* eine eben so grosse Masse mit ausserordentlichem Fleisse zusammengetragenen historischen Materials, als eine Fülle ausgezeichneter eigner Beobachtungen. Zu einer Grundlage, um botanische Gesetze abzuleiten, dürfen diese Dinge nicht angewendet werden, wie schon oben (S. 46 flg.) ausgeführt.

Nur an phantastischem Mysticismus krankende Wissenschaft, nicht aber eine klare, sich selbst verstehende Naturphilosophie kann zu solchen Träumereien kommen, dass Geschöpfe bald einmal Thier, bald einmal Pflanze sein können. Wäre das möglich, so müsste doch noch viel leichter ein Wesen bald einmal Fisch, bald einmal Vogel, oder bald Conferve, bald Rose sein können, und dann wäre alle unsere Naturwissenschaft Thorheit. Diese Verwirrung der Begriffe, mit Recht von *Valentin* (Repert.

Bd. 8. S. 4.) mit dem schonendsten Ausdruck als Anachronismus bezeichnet, ist neuerdings wieder von *Unger* (die Pflanze im Moment der Thierwerdung) und *Kützing* (*Phycologia generalis*) weitläufig ausgesponnen. Es kann nur bedauert werden, dass solche tüchtige Forscher so ganz ohne alle philosophische Vorbildung geblieben sind. Das Nöthige ist schon früher (§. 2. 5.) darüber gesagt worden*.

Wenn wir endlich bei Erzählung der hierher gehörigen Thatsachen die Ausdrücke finden, »die Zellen bewegten sich nach Willkür bald da, bald dorthin« u. s. w., so beweist das nur, wie unklar und verwirrt noch so viele Menschen selbst von grossen Kenntnissen sind. Willkür finden wir nur in unserm Geiste durch Selbstbeobachtung. Bei Thieren leitet uns die Anologie durch die einen bestimmten Zweck erreichenden Handlungen, und doch ist hier schon eine Art Mysticismus dabei, denn nichts sagt uns, dass der Zweck auch wirklich von dem Thiere selbst beabsichtigt war. Es wird doch kein vernünftiger Mensch glauben, dass die Planeten absichtlich grade diesen Weg und grade so schnell und so langsam gehen, damit sie kein Unglück anrichten, und doch wird durch ihre Bewegung bestimmt ein Zweck, nämlich die Erhaltung des Sonnensystems erreicht. Bei solchen Bewegungen aber, wo nicht einmal ein irgend erkennbarer Zweck erreicht wird, von Willkür reden ist Spielerei mit Worten.

VII. Fortpflanzung der Zelle.

§. 45.

Wenn sich in einer Zelle eine grosse Menge auflöslicher assimilirter Substanz nebst der nöthigen Menge Protoplasmas gebildet hat, so werden nothwendig die oben (§. 23.) geschilderten Processe aufs neue beginnen. Es bilden sich in der Zelle (Mutterzelle, *matrix*) eine oder mehrere neue Zellen (Brutzellen, *blastidia*), die, wenn sie sich so weit ausgedehnt haben, die Mutterzelle zerstören. Da natürlich eine Gestalt von dem Stoff, aus dem sie gebildet wird, und den Bedingungen ihrer Bildung abhängt, beides aber von der Mutterzelle gegeben wird, so werden folglich in der Regel die Brutzellen der Mutterzelle gleich oder ähnlich.

Wenn irgendwo, so kann man gewiss hier behaupten, dass es von wesentlichem Einfluss sei, bei Behandlung einer Wissenschaft jeden einzelnen Punkt an seinen gehörigen Ort und in sein gehöriges Licht zu setzen, wenn nicht das Verständniss des Ganzen darunter leiden soll. Weil man sich niemals rein und scharf die Aufgabe der Wissenschaft gestellt und sich daraus die zu beantwortenden Fragen abgeleitet hat, so ist der im Paragraphen erwähnte Punkt auch bis auf die neuere Zeit ganz unberührt geblieben und doch giebt es im ganzen Pflanzenleben nichts Wichtigeres. Mit wenigen Ausnahmen besteht jede Pflanze aus vielen Zellen, der Anfang jeder Pflanze ist aber eine einzelne Zelle, bei den Kryptogamen die Spore, bei den Phanerogamen das Embryobläschen. Die Frage nach der Vermehrung der Zelle umfasst also die Entstehung und das Leben der ganzen Pflanze und sie bleibt uns ganz und gar dunkel, ehe dies Verhältniss nicht aufgeklärt ist. Wie eine Zelle viele bildet und wie dieselben von den Einflüssen der ersten abhängig sich gestalten und anordnen, ist grade die Angel, um die sich die ganze Erkenntniss der Pflanze dreht, und wer sich die Frage nicht aufwirft oder nicht beantwortet, kann nie und nimmer einen wissenschaftlichen Begriff mit der Pflanze und ihrem Leben verbinden. Bei der gänzlichen Vernachlässigung dieses Punktes ist es kein Wunder, dass sich früher die meisten Ansichten der Botanik nur in einem trüben, gestaltlosen Mysticismus herumtrieben.

Die Protococcuszelle giebt hier wieder den natürlichen Maassstab zur Beurtheilung der einfachsten Verhältnisse an die Hand. Hier können wir beobachten, dass sich in der Zelle zwei neue Zellen bilden, die eine Zeitlang lose in der Mutterzelle liegen und diese endlich zerstören, und dann als neue Organismen frei erscheinen. Gleiches

* Man vergl. auch *C. v. Siebold de finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis. Erlangen* 1844.

finden wir nach *Nägeli* bei fast allen Algen. Bei den Doppelsporen der Flechten bemerken wir dasselbe. Bei den Pezizen sehen wir in einer Zelle acht neue entstehen. Bei den Farren und Equiseten bilden sich in Mutterzellen die Sporenzellen. Bei den Phanerogamen ist es leicht, die Entstehung von Zellen in Zellen zu beobachten: im Embryosack (einer grossen Zelle), im Embryobläschen, wo man die Entstehung neuer Zellen in den zuerst gebildeten ebenfalls verfolgen kann; bei dem Pollen der meisten Pflanzen leidet es keinen Zweifel, dass sich Zellen in andern Zellen bilden, in der Spitze der Knospe, im Cambium gelingt es nicht selten, die neugebildeten Zellen in der Mutterzelle zu sehen, fast alle Haargebilde gestatten die Beobachtung dieses Vorganges gar gut. Hier sind Beispiele fast aus allen Pflanzengruppen, fast aus allen Pflanzentheilen, und so ist wie ich glaube, vorläufig durch die Induction der Satz begründet: »Der Process der Fortpflanzung der Zelle durch Bildung neuer Zellen in ihrem Innern ist allgemeines Gesetz für die Pflanzenwelt und ist die Grundlage für die Entstehung des Zellgewebes«. Ueber die Weise, wie neue Zellen entstehen, ist schon oben das Nöthige gesagt (§. 13).

Von dem Stoff, aus welchem der entstehende Krystall gebildet wird, von den physikalischen Bedingungen, unter welchen er entsteht, hängt seine Gestalt ab. Dies dürfen wir wohl allgemein so aussprechen: die Gestalt ist bedingt durch die Art der Materie und die Form des Bildungsprocesses. Wenden wir dies auf die Zelle an, so wird Stoff und Form des anfänglichen Bildungsprocesses von der Mutterzelle gegeben, sie hat also einen wesentlichen Einfluss auf die Brutzelle. Die Bildung der letzteren vollendet sich aber nicht in der Mutterzelle, sondern dauert auch nach der Befreiung von der Mutterzelle noch fort und daher wird die Gestalt der Brutzellen durch die späteren Einflüsse und Verhältnisse mannigfach modificirt. Hieraus erklärt sich uns einmal die Constanz der specifischen Gestalt und dann die Mannigfaltigkeit der individuellen Verschiedenheiten. Hier bedürfen wir also nur noch der vollständigen Auflösung des Zellenbildungsprocesses in seine einzelnen Elemente und des bei den Krystallen zu gebenden Nachweises, wie sich aus bestimmtem Stoff oder bestimmten physikalischen Bedingungen auch grade diese bestimmte Gestalt bilden müsse, um das grosse Geheimniss der organischen Zeugung, wovon die Constanz der Species und somit die Gesetzmässigkeit des ganzen organischen Lebens an der Erde abhängt, in seinem einfachsten Falle der wissenschaftlichen Einsicht unterworfen zu haben, offenbar ein dem Menschen möglicherweise erreichbares Ziel.

Die ersten Grundlagen dieser Lehre gab ich in *Müller's* Archiv, Jahrgang 1838 *. Fortgebildet wurde diese Lehre von *Nägeli* **. *Mirbel* *** unterscheidet eine dreifache Entstehungsweise der Pflanzenzellen, die er *intrautriculaire* (der von mir geschilderte Process), *suprautriculaire* und *interutriculaire* nennt. Nur die erste Art ist durch wirkliche Beobachtung dargethan, die beiden letztern, wo die Entstehung der Zelle selbst nicht beobachtet wurde, nur Fiction. Jetzt ist die Sache Aufgabe jedes denkenden Forschers.

§. 46.

Nach *Hugo v. Mohl* † kommt bei den Zellen der Kryptogamen (Conferven) noch eine Vermehrungsart der Zellen vor, indem sich eine Kreisfalte der Zelle allmälig in sie hineinzieht und in der Mitte zusammenstossend sich abschnürt, so dass völlige Theilung einer Zelle in zwei neue stattfindet.

Diese Untersuchungen von *Mohl* enthalten die ersten wirklichen Beobachtungen über die Vermehrung der Pflanzenzelle. Mir ist es nie geglückt, eine vollständige

* *Schleiden* Botanische Beiträge Bd. 12. S. 121.

** *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift f. w. B. Bd. 1. Heft 1.

*** *Sur la Marchantia polymorpha. Paris* 1831 *et* 32, *p.* 32.

† Ueber Vermehrung der Pflanzenzelle durch Theilung. Tüb. 1835.

Entwickelungsreihe zusammenzubringen, obwohl *Polysperma glomerata*, an der *Mohl* hauptsächlich seine Untersuchungen gemacht hat, oft von mir vorgenommen ist. *Nägeli** hat sich gegen ihn erklärt. *Hugo von Mohl* in einer Umarbeitung seines ersten Aufsatzes ** die Sache ausser allen Zweifel gesetzt. Siehe oben S. 158.

Nach *Mohl* hat besonders *Meyen* diesen Process der Selbsttheilung vielfach wiederzufinden geglaubt und fast als allgemeines Gesetz für die Pflanze behandelt. In den meisten Fällen ist die Sache bei ihm nur fingirt, nicht beobachtet. In dem Falle, wo er bestimmte Beobachtungen angiebt ***, bei der Entstehung der vier Pollenzellen in der Matrix, ist die Sache entschieden anders, worüber unten die Lehre vom Pollen zu vergleichen ist.

Unger hat ebenfalls wieder die Vermehrung der Zellen durch Theilung als allgemeines Gesetz für die Pflanzen hingestellt (Bau und Wachsthum des Dikotyledonenstammes, Petersburg 1840. §. 86 ff.), aber eben wie *Meyen* als blosse Fiction und etwas anderes als *Mohl* darunter verstehend. Er hat auch nicht einen einzigen Fall beigebracht, wo er den Process der Theilung wirklich beobachtet hätte. Dass hier nur Eine und später an derselben Stelle zwei Zellen vorhanden sind, dass neben einer grossen Zelle zwei andere vorkommen, die zusammen ungefähr denselben Umfang haben wie jene, giebt über den Process der Vermehrung auch nicht die leiseste Andeutung; andere Thatsachen hat er aber nicht zu Grunde gelegt oder wenigstens nicht mitgetheilt.

VIII. Vom Ende des Zellenlebens.

§. 47.

Sobald in einer Zelle das Spiel chemischer Wechselwirkungen unmöglich geworden ist, muss man sie für sich todt nennen. Insofern sind alle Zellen als individuell abgestorben zu betrachten, die ihren Inhalt völlig verzehrt haben und nur noch Luft führen, die sogenannten Gefäss-, Mark- und Borkenzellen, oder die ihren Inhalt in einen einzelnen homogenen Stoff umgeändert haben, wie z. B. die Zellen, welche nur ätherisches Oel, nur Harz u. s. w. enthalten. Letztere sind aber verhältnissmässig selten.

Abermals ein Punkt, der gänzlich vernachlässigt, oder doch nur oberflächlich und beiläufig in den Handbüchern berührt wird, aus denen wir meist nicht einmal über den Tod der ganzen Pflanze etwas erfahren. Setzen wir das Leben der Zelle ganz oder doch zum grössten Theil in die chemisch-physikalischen Processe, welche in der Zelle vor sich gehen, so müssen wir auch die Zelle todt nennen, in welcher diese Processe ganz und für immer aufgehört haben. Das ist also namentlich in allen nur Luft führenden Zellen der Fall, welche für sich todt, nur durch die sie umgebenden lebendigen Zellen noch gegen Auflösung geschützt werden, aber augenblicklich der völligen Zerstörung anheimfallen, sowie sie den auflösenden Atmosphärilien blossgestellt werden, z. B. Mark und Kernholz in den hohlwerdenden Bäumen, Kork und Borke zur bestimmten Zeit immer. Aber es giebt auch solche Zellen, die allmälig ihren ganzen Inhalt in einen einzigen Secretionsstoff umwandeln, z. B. in ätherisches Oel, wie es in den Rhizomen der Scitamineen, in Blättern und Stämmen der Aloën u. s. w. vorkommt. Hier ist die Zelle von dem Augenblick an ebenfalls todt zu nennen. Was noch übrig bleibt ist ein chemischer Process, der durch die Zelle weder bedingt, noch modificirt ist, nämlich die allmälige Oxydation des ätherischen Oels, mit deren Vollendung jede fernere Veränderung aufhört. So zeigt sich die abge-

* A. a. O.

** Vermischte Schriften 1845, S. 362.

*** Physiologie Bd. 3, S. 123 ff.

schlossene Individualität des Zellenlebens bis ins Innerste der vollkommensten Pflanzen hinein.

§. 48.

Nur der ganz ausgebildete Zellstoff trotzt allen gewöhnlichen Auflösungsmitteln, alle übrigen Stoffe, aus denen Zellenwände bestehen können, sind noch innerhalb des Bereichs der auflösenden oder umwandelnden chemischen Kräfte, welche in den Zellen thätig sind. Alle nicht vollständig ausgebildeten Zellen können daher wieder verflüssigt und aufgesogen werden. Dies geschieht bei allen Mutterzellen, bei dem schwammförmigen Zellgewebe, welches anfänglich die Luftcanäle ausfüllt, beim Kern der Samenknospe u. s. w.

Gewiss ein Beweis von oberflächlicher Beobachtung ist es, wenn ein Botaniker, wie es geschehen, die Resorption organischer Bildungen in den Pflanzen leugnet, die sich schwerlich bei den Thieren so gut beobachten lässt, wie bei den Pflanzen. Die ganze grosse Zahl von Mutterzellen giebt schon das unwiderleglichste Zeugniss. Auf welche Weise aber der Process vor sich geht, ist noch unbekannt. Wahrscheinlich tritt hier eine der Bildung des Zellstoffs entgegengesetzte Umwandlung der assimilirten Stoffe ein, so dass jener erst in Gallerte, diese in Gummi (Dextrin) und endlich in Zucker umgeändert und als solcher aufgesogen wird. Ich will hier darauf aufmerksam machen, dass es mir zuweilen schien, als wenn im Kern der Samenknospe die Zellenkerne wieder schärfer und in jugendlicherem Aussehen hervortreten, wenn sich seine Zellen dem Zeitpunkte der Auflösung näherten. Eine eigenthümliche Umwandlung schon gebildeter Zellen in eine formlose Substanz, das Viscin, ist schon oben berührt (§. 12. 6).

§. 49.

Das Leben der Pflanzenzelle besteht wesentlich nur durch die in derselben vor sich gehenden chemisch-physikalischen Processe, und diese werden sogleich unmöglich, sobald auf irgend eine Weise die Endosmose aufgehoben wird. Die Zelle wird dann allmälig durch die Einwirkung der Atmosphärilien zerstört, sie verwest bei der seltneren, verfault bei der beständigen Mitwirkung von Wasser. Die Ursache dieses Todes kann verschieden sein, z. B. Zerreissung (bei den Sporangien der Kryptogamen durch Austreten der Sporen), gänzliche Trockenheit, Entfernung von der Stelle, von woher ausschliesslich die Endosmose unterhalten wurde (z. B. beim Blattfall) u. s. w.

Der Process der Auflösung einer gestorbenen Zelle gehört nicht der Botanik an, wir überlassen seine Erforschung billig der Chemie und verweisen auf die neuesten und besten Arbeiten in dieser Beziehung, auf *Berzelius* *, *Liebig* ** und *Mulder* ***. Uns interessiren hier aber die Ursachen, welche die Pflanzenzelle den zersetzenden Einwirkungen preisgeben, und wir können hier allgemein die Unmöglichkeit der Endosmose nennen. Jede Pflanzenzelle, die keine Flüssigkeit mehr aufnehmen kann, um die chemichen Processe in sich zu unterhalten, fällt nothwendig dem Tode anheim. So wirkt völlige Austrocknung, so Zerreissung der Zelle, wodurch die Abgeschlossenheit der in ihr vorhandenen Stoffe und Processe aufgehoben wird. Einen eigenthümlichen Zustand zeigen hier die meisten in Form von Blättern von einer Pflanze sich trennenden Zellen. Zur Zeit der Trennung sind sie offenbar noch nicht todt, denn

* Lehrbuch der Chemie, neueste Ausgabe, Bd. 8.

** Organische Chemie, S. 435 ff.

*** Physiologische Chem. (*Moleschott*) S. 146 ff.

unter sehr günstigen, obwohl höchst selten sich zusammentreffenden Umständen kann in einer oder der andern Zelle ein frischer Vegetationsprocess selbst in der Weise beginnen, dass eine ganz neue Pflanze daraus hervorgeht. In der Regel sterben sie aber ab, weil ihnen die Möglichkeit genommen ist, fernerhin Flüssigkeiten, die ihnen früher durch den Zusammenhang mit der ganzen Pflanze zugeführt wurden, aufzunehmen.

Zweiter Abschnitt.

Leben der Zelle im Zusammenhang mit andern.

§. 50.

Sobald die Zellen zu Geweben zusammentreten, so zeigen sich auch bestimmte Modificationen in ihrem Lebensprocess und diese sind besonders zu betrachten. Manches musste freilich schon im Früheren berührt werden, weil wir noch nicht so weit sind, ganz scharf das individuelle Zellenleben fassen zu können, und so bei manchen Vorgängen nicht wissen, wie viel oder wie wenig auf die Einwirkung der benachbarten Zellen kommt, Manches auch, was entschieden der Zusammenwirkung mehrerer Zellen angehört, doch zur Erklärung bei der einzelnen Zelle zu Hülfe genommen werden muss. Was hier noch zu behandeln, sind einmal die allgemein im Zellenleben durch ihr Zusammentreten hervorgerufenen Modificationen, und dann die speciellen Eigenthümlichkeiten bestimmter Gewebe.

I. Allgemeine Modification des Zellenlebens durch Zusammentreten mehrerer Zellen.

§. 51.

Sobald eine grössere Menge von Zellen sich zu Zellgewebe vereinigt, wird wenigstens ein Theil von ihnen von der unmittelbaren Berührung mit der ernährenden Flüssigkeit abgeschlossen, für sie findet also nur eine Aufnahme von Nahrung aus den benachbarten Zellen statt, wo aber die Flüssigkeit immer schon verändert worden ist.

Wenn alle Zellen eines Gewebes eine gleichmässig dichte Flüssigkeit enthalten, so wird bei den mit Wasser unmittelbar in Berührung tretenden Endosmose stattfinden, dadurch wird die in ihnen enthaltene Flüssigkeit verdünnt und es tritt zwischen ihr und der folgenden Zelle ein der Endosmose günstiges Verhältniss der Flüssigkeiten ein und so fort. Dies ist das wichtigste Verhältniss im ganzen Zellenleben, weil daraus die einzige allgemeine, die Ernährung der ganzen Pflanzen bedingende Flüssigkeitsbewegung hervorgeht. Gefässe welche die Nahrungsflüssigkeit im Körper der Pflanze vertheilen, giebt es gar nicht, und nur der wird mit einer gewissen Angst darnach suchen und sie auch irgendwo finden, der in dem grundfalschen und verderblichen Vorurtheil der unglückseligen, angeblichen Analogie (vergl. S. 44 ff., 102 ff.) mit den Thieren befangen an die Untersuchung der Pflanze geht. Hier hat sich allen Botanikern der gesunde Blick so sehr verwirrt, dass sie eher jede mögliche physikalische und logische Verkehrtheit vorgebracht, als sich von jener fixen Idee getrennt hätten*. — Jede lebende Zelle, die durch Endosmose Flüssigkeit erhält, ändert diese aber sogleich, wenigstens zum Theil, chemisch um und zwar in assimilirte Stoffe, so dass die von der Quelle der rohen Nahrungsflüssigkeit entfernten Zellen gar keine

---

* Vergl. *Knight* in *Treviranus* Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Göttingen 1811, S. 162 ff. *Sennebier, Physiolog. végét.* Bd. 2. Cap. 4. (S. 332 ff.) und Andere.

rohe Nahrungsflüssigkeit mehr erhalten. In ihnen braucht also auch kein Assimilationsprocess, insoweit derselbe auf Wasserzersetzung und Fixirung der Kohlensäure beruht, stattzufinden, dennoch führen sie ein reges Leben, werden ernährt, bilden neue Zellen u. s. w., wie z. B. namentlich im Holzkörper der Dikotyledonen. Hieraus ergiebt sich zur Genüge die Unhaltbarkeit des von *Liebig** aufgestellten Gesetzes.

§. 52.

Durch die Anordnung einer grösseren Zellenmenge zu einer Pflanze wird häufig ein Theil der Zellen theilweise mit der atmosphärischen Luft in Berührung gebracht. Daraus gehn zwei wichtige Verhältnisse hervor, einmal, dass das Wasser aus den Zellen, wenn sie nicht auf besondere Weise dagegen geschützt sind (vergl. unten §. 69.), beständig im Verhältniss zu Wärme, Trockenheit und Bewegung der Luft an der Oberfläche der Zellen verdunstet, wodurch der Saft im Innern beständig vermindert und concentrirt, also die Endosmose gegen die übrigen Zellen verstärkt und unterhalten wird, zweitens dass die Flüssigkeit in den Zellen aus der Luft Gase, namentlich Kohlensäure und Ammoniak und unter Umständen Sauerstoff absorbiren kann.

Die erwähnten Verhältnisse sind ebenfalls im höchsten Grade wichtig für das Leben der ganzen Pflanze. Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind die Hauptnahrungsstoffe der Zelle, sie nimmt sie aber auf verschiedene Weise auf. Die mit Flüssigkeit in Berührung stehenden Zellen nehmen alle drei Substanzen zugleich auf. Hier muss also der lebhafteste Assimilationsprocess stattfinden. Die theilweise mit der Luft in Berührung stehenden Zellen erhalten zwar von der einen Seite alle nöthigen Stoffe in Wasser aufgelöst, sie können aber auch von der andern Seite Kohlensäure und Ammoniak aus der Luft aufnehmen. Zugleich geben sie an die Luft eine grössere oder geringere Menge Wasser ab, dadurch concentriren sie ihre Säfte, wodurch die Endosmose unterhalten wird. Wir können daraus erklären, weshalb nach Ausbrechen der Blätter die Pflanzen aufhören, von so sehr wässrigem Safte zu strotzen, und doch den Assimilationsprocess in grösserer Energie fortführen. Die Endosmose überträgt ferner jede völlige Lösung ohne Unterschied. Die mit dem Wasser aufgenommenen Salze und unorganischen Bestandtheile überhaupt, auf welche die chemisch umwandelnden Kräfte der Zelle wenig oder gar nicht einwirken, wandern daher mit dem Wasser unverändert durch alle Zellen bis dahin, wo an der Oberfläche der Zellen das Wasser verdunstet. Hier müssen sie sich allmälig in grösserer Menge anhäufen, daher der grössere Aschengehalt der Blätter, grünen Rinde u. s. w. Wie jedes verdunstende Wasser reisst auch das von der Zelle verdunstende eine geringe Menge nicht flüchtiger Substanzen mit fort, weshalb das von der Pflanze perspirirte Wasser nie ganz rein**, aber mehr mit organischen als mit unorganischen (weniger flüchtigen) Substanzen geschwängert ist.

§. 53.

Durch die Vereinigung vieler Zellen und die daraus hervorgehende gegenseitige Einwirkung werden im Leben der einzelnen Zelle Modificationen hervorgerufen, die zum Theil schon früher betrachtet sind. Hierher gehört vielleicht zum Theil die Bildung neuer discreter Schichten und die damit zusammenhängende spiralige Anordnung des diese Schichten bildenden Stoffes. Dahin gehört ferner die

* »Keine Materie kann als Nahrung der Pflanze angesehen werden, deren Zusammensetzung ihrer eignen gleich oder ähnlich ist, deren Assimilation also erfolgen könnte ohne der Sauerstoffausscheidung zu genügen«. *Liebig* org. Chem. S. 26. Der Satz wird schon ganz einfach durch die grosse Menge der Pilze und der ächten Parasiten widerlegt.

** Schon *Sennebier, Phys. végét.* B. I, S. 79 ff. und viele andere.

eigenthümliche Ausbildung von Luftbläschen zwischen je zwei benachbarten Zellen, worauf die Bildung der Poren zu beruhen scheint.

Das hierher Gehörige ist schon oben (§. 17.) erörtert worden. Bei keiner isolirten Zelle, bei keiner Zelle, ehe sie sich mit andern zu Geweben vereinigt, finden wir spiralige Verdickungsschichten, bei keiner ferner die Luftbläschen an der Aussenwand, welchen inwendig die Porencanäle entsprechen. Es scheint, dass die Porencanäle von zwei benachbarten Zellen stets so correspondiren, dass sie von einem solchen Luftbläschen, oder einer dem entsprechenden Stelle der gemeinschaftlichen Wand beginnen. Hiervon sind mir nur wenige Ausnahmen bekannt, die aber noch genauer Untersuchung bedürfen. Bei *Juniperus sabina* kommen in der Borke dickwandige, vierseitig-prismatische Zellen vor, deren Porencanäle regelmässig nur auf die vier Intercellulargänge zulaufen, welche hier in einem Gewebe, welches sonst keine Intercellulargänge zeigt, jene Luftbläschen zu vertreten scheinen. Aehnliches im Parenchym des Blattstiels bei *Cycas* (vergl. S. 168). In den Epidermiszellen mehrerer Pflanzen, z. B. *Cycas*, *Abies* finden sich Porencanäle auch nach der freien Fläche hin, vergl. S. 197.

§. 54.

Bei der Secretion treten ebenfalls eigenthümliche Veränderungen ein, indem festere Secrete bestimmte Formen annehmen. Dahin gehören: die Gallerthülle vieler Algen, die Intercellularsubstanz, der eigenthümliche Stoff, welcher die Sporen und Pollenkörner überzieht, und die von der Epidermis ausgeschiedenen Stoffe.

Die meisten Conferven, mehrere Ulven u. s. w. sondern eine grosse Menge Gallerte ab, welche eine bestimmte Form annimmt und so oft die Gestalt der ganzen Pflanze bestimmt, z. B. bei *Chaetophora*, *Undina*. Bei den meisten Conferven bildet sie eine die ganze Pflanze überziehende zarte, gleichförmige Membran; bei *Rivularia*, *Chaetophora*, *Nostoc etc.* grössere Massen. Stets aber fehlt sie der Spore und bildet sich erst durch die Lebensthätigkeit der sich vermehrenden Zellen *.

Auf ähnliche Weise scheidet sich in die Intercellulargänge eine feste Substanz ab. Auch auf der Epidermis findet eine solche bestimmt geformte Absonderung statt. Von beiden Erscheinungen ist unten §. 59. und 63. ausführlicher zu reden.

Das interessanteste und complicirteste Phänomen bleibt aber die eigenthümliche Bekleidung der Sporen und Pollenkörner. Alle Sporen (mit Ausnahme der Algen, vieler Pilze und einiger Flechten), alle Pollenkörner (mit Ausnahme der unter Wasser blühenden Pflanzen) bestehen aus der eigentlichen, wesentlichen Zelle, die sich als solche bildet, und einem eigenthümlichen, dieselbe überziehenden Stoffe, der einfach gleichförmig oder mit Wärzchen, Stacheln, Bändern oder ganz wunderlichen abnormen Bildungen unordentlich oder ganz mit mathematischer Regelmässigkeit besetzt ist. Die Natur dieses Stoffes weicht von allen bekannten assimilirten Pflanzenstoffen dadurch ab, dass er von der concentrirtesten Schwefelsäure nach *Fritsche* gar nicht (?), nach Andern nur sehr allmälig angegriffen, immer aber dunkler, zuweilen purpurroth gefärbt wird. Der Stoff selbst zeigt verschiedene Farben, meist gelb, doch auch blau, roth, grün, braun u. s. w. Es ist dieser Stoff ein reines Absonderungsproduct der Spore, oder Pollenzelle. Mehr davon muss ich unten beim Pollen anführen. Das Beste was wir davon wissen, hinsichtlich seiner chemischen Natur, besonders aber hinsichtlich seiner wunderbaren Formen, verdanken wir den unermüdlichen und bewundernswerthen Untersuchungen von *Fritsche* **. Die Ansichten von *Mohl* *** über diesen

* Dies Verhältniss ist von *Mohl*, Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. Tübingen 1836, nicht ganz richtig aufgefasst. Uebrigens hat er, wie gewöhnlich, einen Reichthum ausgezeichneter Beobachtung.

** *Fritsche*, Ueber den Pollen. Petersburg 1837.

*** *Hugo v. Mohl*, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, Heft I. und Erläuterung und Vertheidigung u. s. w. S. 18 und sonst.

Punkt, dass die äussere Pollenhaut Intercellularsubstanz sei, in welcher sich vollständige Zellen oder deren Anfänge (als Körnchen) bildeten, erscheinen mir durch *Fritsche's*, *Meyen's**, meine eigenen und *Nägeli's*** Untersuchungen vollständig widerlegt. Schon die eigenthümliche chemische Natur des Stoffes scheint sich hier jeder Gleichstellung mit Zellenbildung und den derselben zum Grunde liegenden Substanzen zu widersetzen.

§. 55.

Von dem Zusammentreten der Zellen hängt offenbar auch das eigenthümliche Verhältniss ab, in welchem die Richtungen der Saftströme in zwei benachbarten Zellen zu einander stehen, indem bei den Charen ohne Ausnahme dem Strome in der einen Zelle ein entgegengesetzter Strom in der andern entspricht.

Die Thatsache selbst ist unzweifelhaft und leicht bei *Chara*, zum Theil auch bei *Vallisneria etc.* zu beobachten, der Grund völlig unbekannt. Es deutet aber doch auf eine ziemlich entschiedene Weise darauf hin, dass die Bedingungen der Saftbewegung ganz oder theilweise ausserhalb der Zelle liegen und die Endosmose wahrscheinlich einen grossen Antheil daran hat. Wir finden auch bei allseitig aneinander gelagerten Zellen, wie in *Najas*, *Vallisneria*, niemals, dass die Ströme die ganze Wand bedeckten, sondern nur zwei gegenüberstehende Seiten derselben, die durch alle Zellen in parallelen Flächen liegen, woraus sich die Möglichkeit der häufigen Entgegensetzung benachbarter Ströme durch die ganze Pflanze erklärt.

§. 56.

Die einzelne Zelle kann ihrem individuellen Lebensprocess nach schon todt sein, wird aber im Zusammenhang mit andern lebenden Zellen erhalten und dient vielleicht auch dem Leben dieser und somit der ganzen Pflanze noch längere Zeit. So sind vielleicht die sogenannten Gefässe Behälter für ausgesonderte Luft, so die Zellen, welche einzelne Secretionsstoffe enthalten u. s. w.

Es ist ein eigenthümliches Verhältniss, welches nur aus der hohen Individualisirung der Zelle und ihrem Zusammentreten zu einer Pflanze ohne völlige Vernichtung ihrer Individualität hervorgeht, dass sie in einen Zustand kommt, wo sie relativ (in Bezug auf sich) todt, relativ (in Bezug zur ganzen Pflanze) lebendig genannt werden muss. Auch dies Verhältniss zeigt, wie nichtssagend und unanwendbar alle Analogien zwischen Thier und Pflanzen sind, zwei Geschöpfe, deren innerste Natur so durch und durch verschieden ist, dass fast jede Vergleichung, die über die Bildung des Elementarorgans hinausgeht, blose Spielerei des Witzes ohne allen wissenschaftlichen Werth bleibt.

II. Eigenthümlichkeiten im Leben ganzer Gewebe.

§. 57.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass der Lebensprocess aller einzelnen Zellen in denselben Geweben sich gleich oder doch sehr ähnlich ist; so bilden häufig grössere Massen des Parenchyms gleiche Stoffe, die Bastbündel, die Milchgefässe u. s. w. einer Pflanze enthalten dieselben Substanzen. Doch kommen auch grosse Ausnahmen vor und es tritt im Parenchym in nahgelegnen Zellen gleicher Form sehr verschiedener Inhalt auf, oder es zeigt sich bei den Gefässbündeln und sonst

* Physiologie Bd. 3. S. 146 ff.

** Zur Entwickelungsgeschichte des Pollens etc.

das verschiedene Leben der einzelnen Zelle in der verschiedenen und verschieden schnellen Ausbildung der Zelle selbst.

Nur sehr durchschnittlich kann man den Satz aufstellen, dass die Zellen ganzer Gewebe gleiche Functionen haben, und es finden sich darin so grosse Ausnahmen, dass es wenigstens ganz unhaltbar erscheint, nach angeblicher Verschiedenheit der Functionen die Gewebe eintheilen zu wollen, wofür nur die Morphologie der Zelle ein genügendes Princip giebt. In demselben Parenchym finden wir eine Zelle gedrängt voll Stärkemehl neben einer gleichen, die nur ätherisches Oel enthält, und beide gränzen vielleicht an eine dritte, die einen klaren wässrigen, roth und blau gefärbten Stoff enthält, während eine vierte neben verschiedenen assimilirten Stoffen eine grosse Menge Chlorophyll zeigt. Mitten im dünnwandigen Parenchym finden wir zerstreut oder in Gruppen mit den andern gleich grosse und gleich geformte Zellen, die fast zum Verschwinden ihres Lumen mit Verdickungsschichten erfüllt sind, z. B. die sogenannten steinigen Concretionen in Quitten und Birnen, in Rinde und Mark von *Hoja carnosa*, vieler Bäume, in den Luftwurzeln der Maxillarien und an hundert anderen Orten. Alles dies zeigt eine grosse Selbstständigkeit der einzelnen Zelle und die Möglichkeit, dass jede Zelle an jedem Ort unter Umständen alle Phasen ihres Lebens durchlaufen und sich auf jede ihr überhaupt mögliche Weise entwickeln könne. Nur mässig modificirt wird das Zellenleben durch die Form der Anordnung und die daraus hervorgehende Abhängigkeit von den benachbarten Zellen. Abgesehen von dieser Selbstständigkeit zeigen die Gewebe im Ganzen gewisse Erscheinungen, die einzeln gewürdigt werden müssen.

§. 58.

Das P a r e n c h y m hat die selbstständigsten Zellen, daher findet man in demselben am häufigsten und am wenigsten regelmässig angeordnet Zellen von dem verschiedensten Inhalt und der verschiedensten Configuration der Wände neben einander. Ueberwiegend zeigt sich in grösseren Massen des Parenchyms Stärkemehl (Kartoffeln), oder fettes Oel (Kotyledonen der *Brassica*-arten), oder Gummi (Altheenwurzeln), oder Emulsion (Oel und Pflanzeneiweiss, in den Kotyledonen der Mandeln), oder assimilirte Stoffe und Chlorophyll (in allen grünen Blättern), oder Farbestoffe gleicher Art (in Blumenblättern) oder Luft (im Mark) u. s. w.

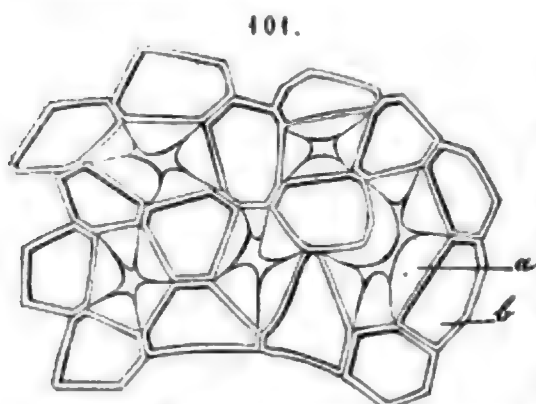
§. 59.

Die verschiedenen Bildungen des Intercellularsystems enthalten sehr verschiedene Stoffe. Das Eigenthümliche ist hier, dass alle dieselben begrenzenden Zellen, wie ich glaube, ohne Ausnahme gleiche Lebensthätigkeit zeigen, entweder gar nicht auf den Inhalt der Intercellularräume einwirken, oder ganz gleiche Stoffe in sie hinein aussondern. Hierher gehören alle die verschiedenen Behälter, eigner Säfte, Harz- und Gummigänge sowie Milchsaftbehälter, ferner die feste oft in bestimmter von den benachbarten Zellen abhängigen Form auftretende Intercellularsubstanz (*Substantia intercellularis*).

Ueber den Process, der die Behälter eigner Säfte mit dem in ihnen enthaltenen Stoffe anfüllt, über die Bereitung dieses Stoffes von den benachbarten Zellen, über die Kraft, wodurch diese Stoffe in die Behälter hinein abgesondert werden, wissen wir noch nichts. Ganz diesen an die Seite zu stellen und nur verschieden durch die Art des Excrets sind die mit fester Substanz erfüllten Intercellulargänge. Sie finden sich in doppelter Form. Im Holze der Dikotyledonen und an einigen anderen Orten sind die engen Intercellulargänge oft von einer wenigstens scheinbar homogenen Substanz erfüllt, deren Farbe und Brechungskraft etwas anders als die der Zellenwand ist.

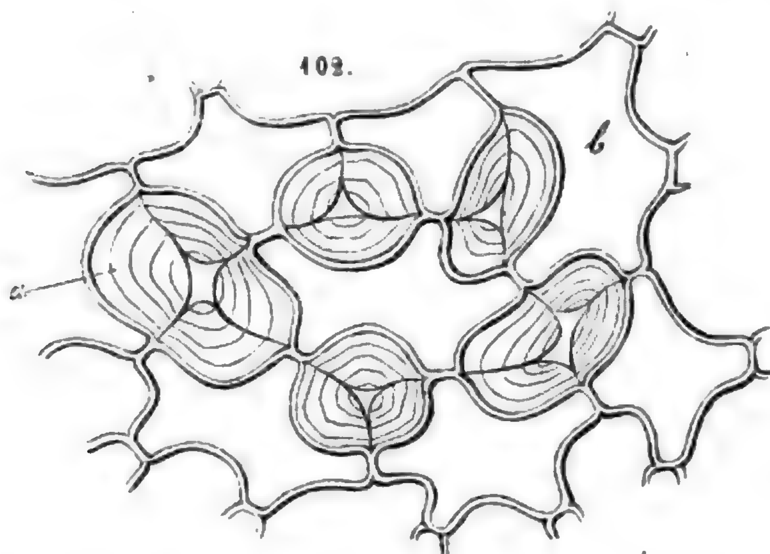
Auffallender erscheint dagegen die Bildung der Intercellularsubstanz zwischen den

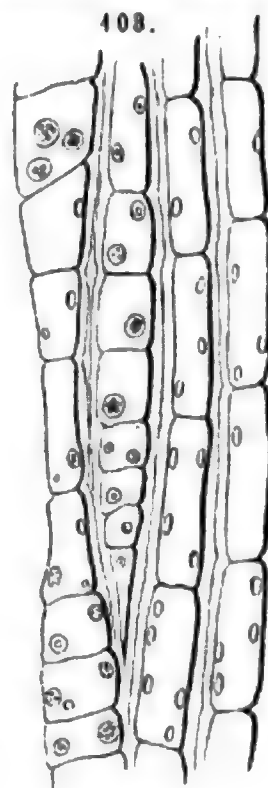
Zellen der äussern Rindenschicht bei Chenopodeen, Amaranthaceen, Umbelliferen, Malvaceen u. s. w.



Sehen wir diese Zellen im Querschnitt bei *Abutilon graveolens* (101) an, so zeigen sich grosse von 3 bis 6 Zellen (*b*) gebildete Intercellulargänge. Von jeder anliegenden Zellenwand ragt in dieselbe eine halbfeste, halbgelatinöse Masse (*a*) hinein, ohne dass jedoch durch diese sämmtlichen Massen der Intercellulargang vollständig ausgefüllt würde.

Bei *Amaranthus viridis* (102) nehmen sich dieselben Zellen (*b*) auf dem Querschnitt wie sternförmige Zellen aus und bilden auf diese Weise sehr weite abgerundete Intercellulargänge; auch diese sind durch Absonderungssubstanz (*a*) zum Theil ausgefüllt und die letztere zeigt concentrische Schichten, welche den Zellenwänden, von denen sie abgesondert sind, parallel laufen. Das Letztere scheint mir entscheidend für ihre Natur als Absonderung der Zellen.





Betrachten wir endlich die ähnlichen Bildungen bei *Justicia carnea* im Längsschnitt (103) so zeigt sich uns die Absonderungssubstanz der ganzen Länge nach zwischen den Zellenreihen zusammenhängend, nur mit undeutlicher Spur der Zusammensetzung aus einzelnen Portionen.

Die Entwickelungsgeschichte dieser Bildungen fehlt zur Zeit noch. *Mohl's* * frühere Ansicht, nach der die Intercellularsubstanz Rest des Urstoffs, in und aus welchem sich Zellen gebildet, sein sollte, widerspricht schon der von *Meyen* ** zuerst beschriebenen Schichtung der Intercellularsubstanz.

101. Querschnitt aus der äusseren Rindenschicht von *Abutilon graveolens*, *a* von den Zellen abgesonderte Intercellularsubstanz, *b* Zellen.

102. Querschnitt aus der äusseren Rindenschicht von *Amaranthus viridis*, *a* von den Zellen schichtenweise abgesonderte Intercellularsubstanz, *b* Zellen.

103. Längsschnitt durch die äussere Rindenschicht von *Justicia carnea* senkrechte Zellenreihen mit Chlorophyllkörnern; in den Intercellulargängen von beiden Seiten her abgesonderte Intercellularsubstanz.

* Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansichten über Pflanzensubstanz etc.

** Physiologie Bd. I. S. 170 ff.

Es scheint mir aber als wenn zu den beschriebenen Bildungen bei den genannten und einigen anderen Familien in der äusseren Rindenschicht noch verschiedene andere Formen als analoge gezogen werden müssten, namentlich die Zellen der Kotyledonen bei *Schotia speciosa et latifolia*, *Tamarindus indica* und einigen andern Leguminosen, sodann die sich sehr gleichenden Bildungen zwischen den Ecken der Epidermiszellen bei vielen *Begonia*-arten und der Blattzellen bei mehreren Jungermannien. Auch hier scheint ein dreieckiger Intercellulargang durch Absonderungsmasse von den drei benachbarten Zellen her ausgefüllt, so ist es auch von *Meyen** bei *Begonia* angesehen worden. Für einige Bildungen (namentlich bei *Schotia* und *Jungermannia*) hat nun *Mohl*** eine ähnliche Erklärung gegeben, wie für die Absonderungsschicht auf der Oberhaut, dass nämlich die Zellen durch schichtenweise Ablagerung auf die innere Fläche verdickt würden, wobei dann immer die äussern Schichten in ihrer Natur chemisch verändert werden müssten, denn bei allen diesen Gebilden begrenzt sie scheinbar ganz continuirliche Zellenmembran das Lumen der Zelle. — Wie weit *Mohl* geneigt ist, diese seine Ansicht auch auf die andern Verhältnisse auszudehnen, weis ich nicht. Ich muss gestehen, dass mir die von *Meyen* vorgetragene Ansicht noch zur Zeit annehmlicher erscheint, indess giebt hier noch keine vollständige Entwickelungsgeschichte einen sichern Abschluss.

Gewiss ist, dass in den jüngsten bis jetzt beobachteten Zuständen von dieser Substanz noch nichts vorhanden ist, und dass die Intercellulargänge sehr eng sind.

Einen offenbaren Uebergang von der Intercellularsubstanz zu den Gummigängen macht die halbflüssige Gallerte, welche sich in den Intercellularräumen des Albumens der Cassien und anderer Leguminosen, zwischen den Zellen der Flechten, besonders der Schlauchschicht, vor Allem aber in den Intercellularräumen der Fucoideen findet, bei welchen letztern sie dem Dextrin ganz nahe steht. Man beobachtet zuweilen, dass die Zellen früher da sind, als diese Stoffe, und dass sie sich bei Ausbildung des Zellgewebes vermehren und nicht vermindern, also wahrscheinlich Excrete der Zellen sind.

§. 60.

Die Gefässbündelzellen zeigen fast insgesammt einen sehr übereinstimmenden Lebensprocess und unterscheiden sich hauptsächlich nur nach der vom Alter abhängigen Configuration der Wände und nach ihrem Alter überhaupt. Die Gefässe führen, sobald sie vollständig entwickelt sind, Luft und nehmen vielleicht krankhaft oder doch normwidrig nur zuweilen für kurze Zeit Säfte auf. Die andern langgestreckten Zellen des Prosenchyms zeigen so lange es lebendig ist, einen raschen Stoffwechsel im Innern, enthalten daher meist eine homogene wasserhelle Flüssigkeit. Später sterben sie ab und führen dann nur Luft.

Dass die Gefässe nur Luft führen und keine Säfte, kann der, welcher einige physikalische Kenntnisse hat, bei dem flüchtigsten Blick auf einen der Länge nach durchschnittenen Pflanzentheil sehen. Dass darüber Streit entstehen konnte, beweist nur die ungeheure Befangenheit in Vorurtheilen und angeblichen Analogien bei den meisten Beobachtern. Es ist nicht der Mühe werth, noch Worte darum zu verlieren. Schon oben (S. 183, 189) wurde bemerkt, dass die Gefässbündelzellen wahrscheinlich ihre langgestreckte Form selbst einem raschen Durchströmen des Saftes in einer bestimmten Richtung verdanken, wodurch ihre Enden stärker ernährt werden als ihre Seiten. Bei diesem raschen Wechsel erklärt es sich, dass der chemische Process in ihnen sehr einfach ist, wir finden in ihnen wohl selten eigenthümliche Stoffe gebildet, so lange sie noch lebendig sind. Selbst festere assimilirte Stoffe, wie Stärkemehl,

* a. a. O.

** a. a. O.

treten nur selten und in geringer Menge in ihnen auf. Wenn sie aber anfangen abzusterben (wenn sie Kernholz bilden), hören sie meist ganz auf Saft zu führen, und es beginnt, da sie nie vollkommen gegen den Zutritt der Luft und einiger Feuchtigkeit geschützt sind, ein chemicher Zersetzungsprocess (Verwesung), durch welchen sie nach und nach theilweise und unter Beibehaltung ihrer Form in kohlenstoffreichere Substanzen übergeführt werden. Die eigenthümlichen Producte des Holzes, Gerbstoff, Extractivstoff, Farbestoffe, verdanken wahrscheinlich grösstentheils diesem Process ihre Entstehung, seltener den das Holz durchsetzenden von Parenchymzellen begrenzten Saftgängen, wie beim Harzgehalt der Coniferen. Hier ist aber noch ein grosses Feld für weitere Forschungen.

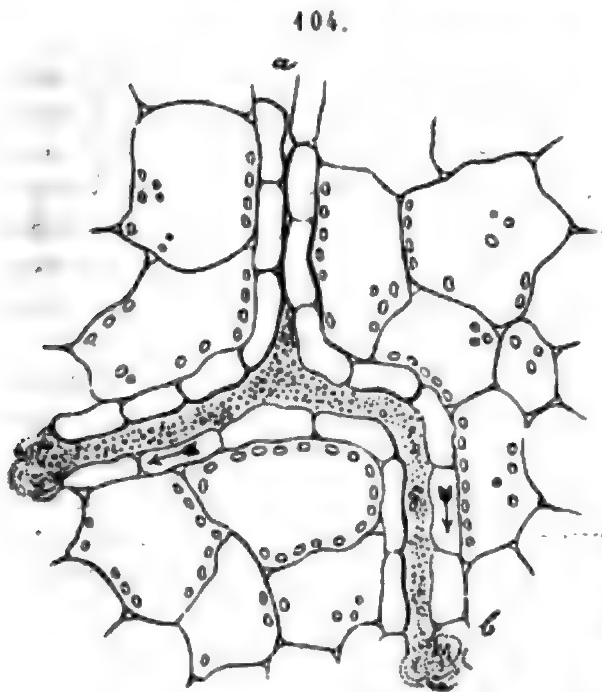
§. 61.

Ueber das eigenthümliche Leben der Bastzellen, der gewöhnlichen wie der der Apocyneen, und der Milchsaftgefässe wissen wir so gut wie gar nichts. Hier ist noch Alles zu erforschen.

Ich fürchte über diese Gebilde, insbesondere über die Milchsaftgefässe eher zu viel als zu wenig zu sagen, denn bei der gänzlichen Vernachlässigung richtiger naturwissenschaftlicher Methode, bei dem kindischen Spiel mit Hypothesen ohne Grundlage und ohne leitende Maximen ist diese Lehre mit einem solchen Wust von Unsinn überfüllt, dass man am besten thäte, vorläufig erst einmal alles Bisherige über Bord zu werfen und ganz von Vorn anzufangen, statt sich an das undankbare Geschäft zu machen, den wahren Augiasstall auszumisten. Von unsern ersten Botanikern finden wir Sätze wie: »Die Gefässe des Stammes, die diesem System angehören, sind die Ausdrücke der beiden Brennpunkte aus der idealen Ellipse des rein peripherischen Circulationssystems. Die eine Abside führt zum Licht ... die andere Abside führt jener diagonal entgegengesetzt in die Finsterniss ...« Dergleichen sind so durchaus sinnlose Worte, dass man kaum weiss was man dazu sagen soll. Wer aber einmal den Zügel gesunder Methodik zerrissen, der geht haltungslos auf das Allerunsinnigste los, ohne dass er sich der Verkehrtheit auch nur in dunkler Ahnung bewusst wird. Fast jede Seite, die über die Milchsaftgefässe geschrieben ist, giebt Zeugniss von oberflächlichen Beobachtungen, ungezügelten Phantasiespielen, physikalischer Unwissenheit u. s. w. Die ganze Vorstellung von einem allenthalben durch die ganze Pflanze communicirenden Gefässsystem (»Eine vielfach durch die Pflanze verästelte, aber in sich geschlossene Zelle«, *Meyen*) ist rein aus der Luft gegriffen (wie sollten die paar kleinen Schnittchen, die man von einer Pflanze abgerissen beobachtet, auch dergleichen begründen können?), aber die Verfasser haben sich so in den Gedanken verliebt, dass sie es ganz ruhig als Beobachtung vortragen. Nur in zwei oder drei unverletzten Pflanzen ist bis jetzt eine Bewegung des Milchsafts beobachtet, und noch dazu fast nur bei dem so leicht zu Täuschungen verführenden directen Sonnenlichte; daraus wird keck eine allgemeine Circulation abgeleitet, der man sogar ganz genau ihre Richtung durch die ganze Pflanze vorschreibt. Das Ausfliessen des Saftes aus zerschnittenen Theilen sieht man als entschiedenen Beweis für die Bewegung im unverletzten Theil an. Bewegt sich etwa der Wein im Fasse auch, weil er ausläuft, wenn man den Hahn aufdreht, also das bisherige Gleichgewicht aufhebt? »Nur die Lebenskraft treibt den Saft heraus, sonst müsste ihn Haarröhrchenkraft zurückhalten,« sagen Andere. Wissen die Leute auch, was Haarröhrchenkraft ist? Dazu gehören feste Wände, aber nicht dünne Membranen in einem turgescirenden Gewebe. Wissen sie, wie Capillarität wirkt? In bestimmtem Verhältniss zur Enge der Röhre, im Verhältniss zum Stoff der Röhre, der Flüssigkeit und des Verhältnisses beider zu einander und dann entweder als capillare Elevation oder capillare Depression. Haben die Leute den Durchmesser der Milchsaftgefässe gemessen, die Capillarkraft der Substanz der Röhre und der Flüssigkeit bestimmt und danach ihre Capillarität berechnet? O nein, phantasiren ist viel leichter, als genau messen und rechnen. Wie viel fliesst denn aus

einem durchschnittenen Stengel aus? Sehr wenig und man muss ein neues Stück abschneiden, um abermals Saft ausfliessen zu machen u. s. w. Hierbei wäre es gar nicht unwahrscheinlich, dass grade die Capillarität den Saft zurückhielte, nachdem dasjenige abgeflossen ist, was sie nicht halten konnte. Aber auf jeden Fall wirkt beim Ausfliessen auch abgesehen von der wirklichen Bewegung des Saftes in der unverletzten Pflanze doch die Turgescenz des benachbarten Zellgewebes mit und diese Ursache muss ebenfalls erst in Rechnung genommen werden. Sie erklärt z. B. sehr leicht, warum aus dem oberen Ende eines durchschnittenen Stengels mehr Saft ausläuft, als aus dem unteren, weil die jüngeren Zellen mit zartern Wänden und mehr von Flüssigkeit strotzend sich mehr ausdehnen müssen als die fester verwachsenen, älteren und derbwandigeren des unteren Theils der Pflanze. Ich könnte so noch lange fortfahren, aber es genügt so schon, um zu zeigen, mit welcher grenzenlosen Oberflächlichkeit hier verfahren ist. Ich will keineswegs damit einen Gegenbeweis gegen die Existenz der Bewegung des Milchsafts liefern, sondern nur zeigen, dass der bisherige Weg der Behandlung dieser Lehre zu gar keinen wissenschaftlich brauchbaren Resultaten führen kann.

Wenn man die Thatsachen selbst zu Rathe zieht, so muss man zweierlei genau unterscheiden, die Präparate und die unverletzte Pflanze. Ferner ist hier zu bemerken, dass man im ganz jungen Zustande in den Milchsaftgefässen nur eine klare, wasserhelle Flüssigkeit, also keine Bewegung beobachten kann, und dass in einigermaassen alten und dickwandigen Gefässen der Milchsaft auf mannigfache Art coagulirt und in feste Massen umgewandelt erscheint, z. B. in den Euphorbien. Nur im mittleren Zustande kann überhaupt von einer Bewegung die Rede sein. Wenn man nun einen Schnitt unters Mikroskop bringt, so bemerkt man eine rasche Bewegung des meistens körnigen* Saftes, oft neben einander in entgegengesetzter Richtung; betrachtet man die Enden der durchschnittenen Gefässe, so findet man so oft an beiden Enden desselben Gefässes eine ausgetretene und coagulirte Masse und bemerkt so häufig ein Ausströmen nach beiden Seiten, oder ein anfängliches Ausströmen nach einer Seite, und wenn hier der Ausfluss durch das Coagulum versperrt ist, einen Stillstand und bald darauf ein Ausfliessen nach der anderen Seite, dass es unmöglich ist, ohne vorgefasste Ansicht diese Bewegung auf diese Beobachtungen gestützt für eine der Richtung nach bestimmte zu erklären.



Bei unverletzten Pflanzen gelingt es nur höchst selten, die Bewegung des Milchsafts zu sehen, auch bei *Chelidonium majus* ist es nur unter Umständen möglich, die grosse optische Schwierigkeiten darbieten. Leicht dagegen ist es an den Blättern von *Alisma plantago*. Hier beobachtet man allerdings eine Bewegung, nämlich ein Hinströ-

104. Milchsaftgefässe aus dem Blatte von *Limnocharis Humboldti*. Erst während der Beobachtung entleerte sich das obere Ende (bei *a*) und fiel zusammen. Die Pfeile zeigen die beobachtete Richtung des Ausströmens an. Jedes Milchsaftgefäss ist von zwei Reihen schmaler, etwas längerer Parenchymzellen (*b*) eingefasst.

---

* *Meyen* hatte eine Zeit, wo ihm überall wie *mouches volantes* Bläschen erschienen, so auch hier. Es sind aber entschieden feste, solide Körnchen.

men bald schneller, bald langsamer, und in demselben Gefäss bald in der einen, bald in der andern Richtung, aber häufig abwechselnd mit sehr langen Perioden des Stillstandes. Von einer regelmässigen Bewegung in bestimmter Richtung habe ich nie etwas beobachten können, wie denn überhaupt das Vorgetragene Alles ist, was ich bei der sorgfältigsten Beobachtung an den verschiedenartigsten Pflanzen unter den verschiedensten Umständen als sicheres Resultat habe erhalten können. Dass es bei diesen Grundlagen (und die andern sind mindestens zur Zeit noch streitig), bei unsern überhaupt noch so grenzenlos mangelhaften Kenntnissen über die physikalischen und chemischen Vorgänge in der Pflanze ein ganz kindisches Unternehmen ist, eine Theorie auszuspinnen, wird mir gewiss Jeder zugeben, der nur einen ungefähren Begriff von dem hat, was Erfahrung, Hypothese, Induction und Theorie in den Naturwissenschaften eigentlich bedeuten. Wer sich hier mit dem höchst billigen Scherwenzel einer allgemeinen Lebenskraft behelfen will, mag das für sich thun, nur soll er uns nicht weiss machen wollen, dass er damit irgend etwas Tiefes oder überhaupt nur Wissenschaftliches gesagt. Dass auch alle sichern Thatsachen nicht hinreichen, um eine Analogie mit den Blutbewegungen bei den Thieren zu begründen, wenn dieselbe irgend etwas mehr als müssige Spielerei des Witzes sein soll, ist ebenfalls klar.

Ueber den Inhalt der Milchsaftgefässe und der andern beiden Gebilde wissen wir noch viel zu wenig. Fast bei jeder Pflanze ist er specifisch verschieden, und oft bei verschiedenen Individuen derselben Art, wenigstens in der Quantität der einzelnen Bestandtheile. Wie es scheint kommt dem Milchsafte ziemlich allgemein ein nach dem Alter und der Vegetationsweise der Pflanze grösserer oder geringerer Gehalt an Kaoutschouk in Körnern zu. Auch finden sich im Milchsaft eine Menge ganz eigenthümlicher, meist giftiger oder doch sehr verdächtiger Substanzen. Vom Inhalt der Bastzellen wissen wir gar nichts. Von der Bedeutung des Milchsafts für das Leben der Pflanze, *Schultz's* ganz unbegründete Phantasien bei Seite gesetzt, wissen wir ebenfalls durchaus gar nichts. *Meyen** stellt alle die Fälle zusammen, wo der Milchsaft unschädlich ist, zeigt, dass in manchen giftigen Milchsäften auch unschädliche Stoffe vorkommen, und schliesst dann, »dass der Milchsaft wenigstens für Menschen und Thiere ein sehr ausgebildeter Nahrungssaft sein k a n n, und d e m n a c h steht der Annahme, dass derselbe auch in den Pflanzen die Rolle eines ernährenden Saftes versieht, gewiss nichts im Wege«. Mit weniger Logik kann man allerdings nicht leicht zu einem Schluss kommen. Wenn man von den absolut giftigen Milchsäften, der *Antiaris toxicaria, Hippomane, Excoecaria* ausgeht, und zeigt, wie oft unschädliche Milchsäfte, z. B. der jungen Salatpflanzen, sobald die Pflanze nur etwas ausgebildet ist, giftig werden, wie man die Mohnpflanze mit Opium, die *Lactuca* mit *Lactucarium* vergiften kann, so wäre doch der Schluss auf das directe Gegentheil noch immer besser begründet. Aber von Schlüssen und Abschluss kann hier überall noch nicht die Rede sein, sondern nur von Vermuthungen und Andeutungen.

Wahrscheinlich sind alle diese Theile, ähnlich wie die oft ihre Stelle vertretenden Milchsaftgänge, dazu bestimmt, Stoffe aufzunehmen und aus der Wechselwirkung mit den lebendigen Zellen zu entfernen, die sonst dem Leben der Pflanze schädlich würden. Dahin deutet wenigstens, dass sich auch fast alle Pflanzengifte, die es für die Pflanzen, die sie liefern, selbst sind, in den Milchsäften finden. Doch lassen sich bis jetzt nur ganz vage Vermuthungen aussprechen. Die Ansicht von *Liebig***, dass »in den Milchsaftführenden Gewächsen Kaoutschouk das Wasser mit einer undurchdringlichen Hülle umgebe und so die Pflanzen der heissen Klimate gegen Vertrocknung sichere« beruht auf gänzlicher Unkenntniss des Pflanzenbaues.

---

* Pflanzenphysiologie Bd. 2, S. 410.

** Organische Chemie S. 57.

§. 62.

Vom Filzgewebe der Pilze und Flechten wissen wir ebenfalls noch nichts. Die Zellen führen gewöhnlich einen klaren, farblosen Saft, bei den Flechten zuweilen Luft.

§. 63.

Die Epidermoidalzellen führen klare, wasserhelle oder gefärbte Säfte, selten hin und wieder eigenthümliche Stoffe, z. B. Harz (bei *Aloë nigricans*). Nach Aussen hin zeigt die ächte Epidermis eigenthümliche Secrete, nämlich zuerst einen wachsartigen Stoff gewöhnlich nur als eine zarte die Fläche glatt oder glänzend machende Schicht, seltener in kleinen Körnchen (als sogenannter Reif, *pruina*), in beiden Fällen die Oberhaut gegen Benetzung und Durchdringung von Wasser schützend, also auch allen Austausch von Gasen und Dünsten unmöglich machend, welcher Austausch nur durch die Spaltöffnungen vermittelt werden kann. Später bildet sich unter dieser ersten Absonderung eine zweite Schicht (*cuticula*), aus einem noch nicht näher untersuchten assimilirten Stoffe bestehend, die in manchen Fällen sehr dick wird, und Höcker, Warzen und dergleichen besonders in der Nähe der Spaltöffnungen bildet. Das Leben der Anhänge der Epidermis ist sehr mannigfaltig und wir finden hier wieder sehr verschiedenen Inhalt und eigenthümliche Excrete. Vom Kork wissen wir nur, dass er bald abstirbt und theilweise verwest.

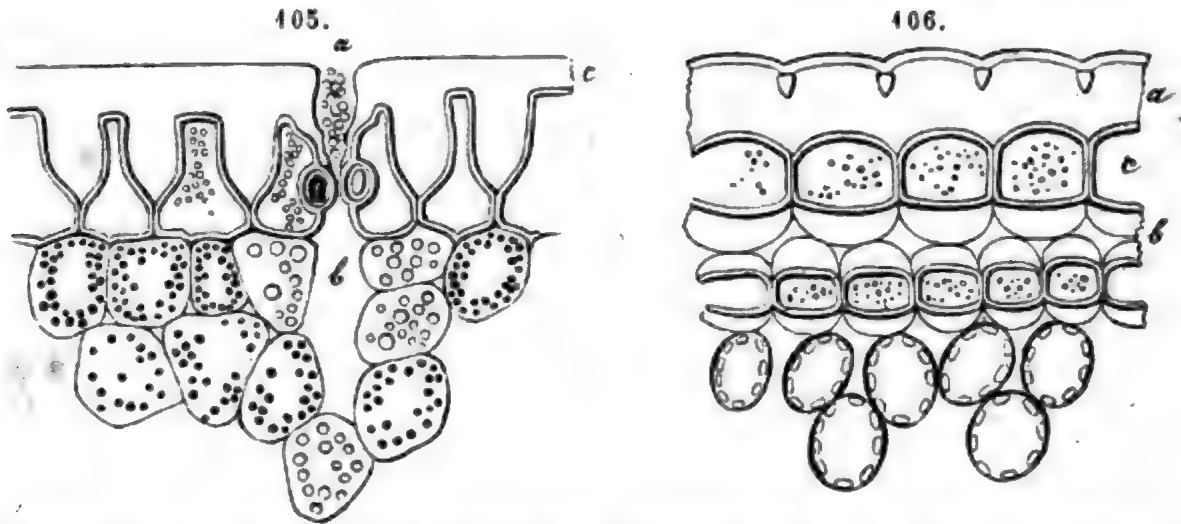
Das Epithelium unterscheidet sich von den Parenchymzellen nur durch seinen wasserhellen Saft. Das Epiblema ist noch nicht genügend untersucht. Sobald sich aber das Epithelium an der Luft zur Epidermis ausbildet, überzieht es sich mit einer zarten Schicht eines Stoffes, der durch absoluten Alkohol oder Aether zu entfernen ist, der Epidermis stets einen gewissen Glanz verleiht und sie völlig gegen Benetzung mit Wasser schützt. Dies Letztere ist der wichtigste Punkt. Wir wissen, dass zwar eine von Feuchtigkeit durchdrungene Membran dem Verdunsten des von ihr eingeschlossenen Wassers und der Absorption und dem Austausch der Gase kein Hinderniss in den Weg stellt, wohl aber eine trockene. So isolirt die Epidermis die Parenchymzellen gegen jede Einwirkung der Atmosphäre, von der sie durch die Epidermis weder etwas empfangen noch an dieselbe etwas abgeben können. Diese ganze Wechselwirkung bleibt daher auf die Spaltöffnungen beschränkt. Durch diese ist allein Verdunstung und Gasaustausch möglich. Dieser eigenthümliche Ueberzug der Epidermis ist bisher ganz übersehen und nur da erkannt worden, wo er in grösserer Menge in kleinen Körnern als Reif auftritt; er existirt aber bei jeder Epidermis, lässt sich durch Aether entfernen, worauf die Zellen so gut wie alle andern durch Wasser benetzt werden.

Im Schnitt senkrecht auf die Fläche lässt sich diese Wachsabsonderung nur dann darstellen, wenn sie wie bei *Elymus arenarius, Strelitzia farinosa etc.* eine beträchtliche Dicke erreicht. Bei den diesem Paragraphen beigegebenen Holzschnitten ist sie deshalb auch nicht ausgedrückt.

Der Zweck dieser Schicht, jede Verdunstung u. s. w. auf der Oberfläche der Gewächse zu verhindern, wird wahrscheinlich noch mehr erreicht durch die zweite Aussonderung.

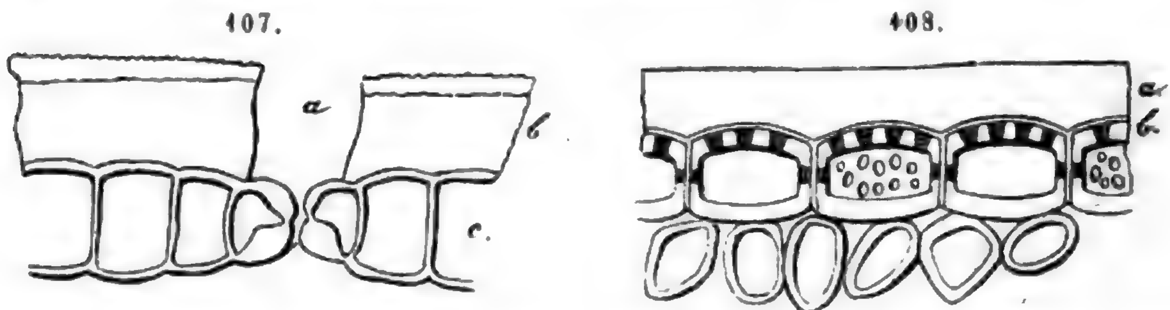
Wenn man einen feinen Querschnitt der Oberhaut von *Aloë nigricans* (105) unter das Mikroskop bringt, so findet man Epidermiszellen, die nach Aussen papillös ausgedehnt sind, gleichwohl ist die Oberfläche des Blattes fast ganz eben, denn zwischen den Papillen der Oberhautzellen und noch weit darüber hinaus liegt eine durch ihr optisches Verhalten sich auffallend von der Zellenmembran unterscheidende Füllmasse (105, *c*).

Wenn man ein ganz junges Blatt von *Hyacinthus orientalis* betrachtet, findet man



dasselbe nur von einem zarten Epithelium umschlossen, dessen Zellen ein klein wenig nach Aussen sich blasig erheben. Sowie sich dies Epithelium weiter entwickelt, zeigt sich zuerst in den Fugen zwischen den einzelnen Zellen eine gelatinöse Substanz, die bald erhärtet und so ein Netz darstellt, dessen Maschen die Zellengrenzen bezeichnen. Bald darauf bedecken sich die ganzen Zellen mit einer solchen Schicht, die sich fest mit jenem Netz verbindet und ebenfalls schnell erhärtet. Nun sondern die Epidermiszellen auf ihrer Aussenfläche einen weniger festen und dichten Stoff ab, der jene erste Schicht mit dem Fasernetz in die Höhe hebt und allmälig zu einer bedeutenden Dicke anwächst.

Diese einzelnen Theile lassen sich noch an der ausgebildeten Oberhaut von *Dipsacus fullonum* (106) beobachten. Hier kommt noch hinzu, dass die Oberhautzellen (*c*) nicht nur nach Aussen diese Schicht (*a*) absondern, sondern auch nach Innen eine Intercellularsubstanz (*b*) und dass in dieser letzten Beziehung sich die unmittelbar unter der Oberhaut liegende Zellenschicht ebenso verhält.



105. Ein Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Aloë nigricans*. *a* Canal der Spaltöffnung mit orangefarbnen Harzkörnern erfüllt. *b* Höhle unter der Spaltöffnung von Zellen begrenzt, die theils Chlorophyllkörner (in der Zeichnung schwarz) theils rosenrothe oder orangefarbene Harzkörner enthalten. Die papillösen Oberhautzellen sind mit heller oder dunkler rothem Saft und zum Theil mit rosenrothen Harzkörnern erfüllt. Von den beiden Spaltöffnungszellen enthält eine Chlorophyll, eine ein einziges grosses hellgelbes Harzkörnchen. *c* ist die Absonderungsschicht der Epidermiszellen.

106. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Dipsacus fullonum*. *c* sind die Epidermiszellen mit körnigem Inhalt, *a* ist die Absonderungsschicht der Epidermiszellen nach Aussen. Die äusserste Lage dieser Absonderungsschicht ist dichter und deutlich zu unterscheiden, den Fugen der Oberhautzellen entsprechend läuft unter dieser Lage ein Netzwerk von Fasern ebenfalls dichterer Substanz hin. Nach Innen sondern die Oberhautzellen ebenfalls Intercellularsubstanz aus, welche hier (*b*) mit derjenigen zusammen trifft, welche von der unter der Epidermis liegenden Zellenlage ausgesondert wird. Endlich ist auch diese Zellenreihe noch nach Innen mit Intercellularsubstanz bedeckt und stösst hier an das lockere grüne Parenchyma.

107. Schnitt senkrecht durch die Oberhaut des Blattes einer Baumnelke. *c* Epidermiszellen bedeckt mit der Absonderungsschicht *b*, welche zu äusserst aus einer dichteren Lage gebildet wird. *a* Eingang durch die Absonderungsschicht zur Spaltöffnung.

108. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Cycas revoluta*. Die Oberhautzellen (*b*) sind nach den Seiten und nach Aussen porös; aussen mit der Absonderungsschicht *a* bedeckt.

Auffallend dick tritt die *Cuticula* (*b*) bei der Baumnelke auf, an der man die erste festere Absonderung von der folgenden weicheren ebenfalls deutlich unterscheiden kann.

Bei *Cycas revoluta* ist die ganze Absonderungsschicht homogen, es kommt hier aber das interessante Verhältniss hinzu, dass die Oberhautzellen nach Aussen hin Porencanäle zeigen und dass es daher leichter ist, hier die Membran der Oberhautzelle von der Absonderungsschicht zu unterscheiden.

Noch eine ganze Reihe eigenthümlicher Erscheinungsweisen dieser Absonderungsschicht hat *Hugo v. Mohl** mitgetheilt.

An den Mündungen der Spaltöffnungen zieht sich diese Absonderungsschicht in dieselben hinein, kleidet die darunter befindlichen Intercellularräume aus und verliert sich endlich immer dünner werdend in den Intercellulargängen. Auch hierüber hat *Mohl* ausführliche Bemerkungen bekannt gemacht**.

Zuweilen tritt die erste Absonderung an bestimmten Stellen, z. B. auf der Mitte der Zelle (*Phormium tenax*), oder an zwei bis drei Punkten, oder an den Rändern der Spaltöffnungen (*Agave Americana*) stärker hervor und bildet daselbst Wärzchen und dergleichen. Oft ist sie in der Weise unregelmässig, dass sie wie mit Nadeln eingeritzt erscheint, z. B. bei *Epidendron elongatum*. In den meisten Fällen erscheint diese Absonderung deutlich von der äusseren Wand der Epidermiszelle verschieden, oft scheint nur die äussere Wand dicker, aber auch dann lässt sich noch, was sonst leicht geschieht, diese Schicht durch vorsichtig geleitete Maceration darstellen. Dadurch erhält man die von *Brongniart**** *cuticula* genannte Membran. Bei dieser Absonderung geht vielleicht die Absonderung jener wachsartigen Substanz auch fort, denn wir finden die Epidermiszellen um so glänzender und undurchdringlicher für Wasser und schwerer durch Alkohol von dieser Eigenschaft zu befreien, je dicker die letztbeschriebene Schicht ist.

Hier muss ich noch zweier abweichender Ansichten erwähnen, die in neuerer Zeit über die Absonderungsschicht der Oberhaut aufgestellt sind. Die erste ist von *Hugo v. Mohl* in der *Linnaea* (1842) entwickelt worden. Er ist der Ansicht, dass die ganze Absonderungsschicht aus den äusseren Wänden der Oberhautzellen gebildet werde, die sich auf gewöhnliche Weise schichtenweise verdickten, und zwar so, dass in der Regel die innerste, zuletzt gebildete Schicht die Natur der primären Membran annehme, die äusseren ältern Schichten dagegen gelatinös oder sonst von der gewöhnlichen Membran verschieden modificirt würden. Gestützt ist diese Ansicht auf sehr genaue und umfassende Untersuchungen der fertigen Oberhaut, denen *Mohl* nur ganz kurz die Bemerkung anhängt, dass die Entwickelung damit auch übereinstimme. Ich glaube eine recht vollständige Entwickelungsgeschichte dieser Theile wäre hier immerhin wichtiger gewesen als noch so umfassende Beobachtung der Fertigen. Ich glaube *H. v. Mohl* wird mir zugeben müssen, dass man alle fertigen Formen ohne vorgefasste Meinung mindestens eben so gut nach meiner Ansicht erklären kann. Ich glaube aber, dass seine Erklärungsweise bei einigen Verhältnissen, z. B. bei *Cycas revoluta* auf unüberwindliche Schwierigkeiten stösst wegen der Porenbildung, die doch sonst ganz allgemein von der primären Zellenmembran ausgeht. Die allereinfachste und natürlichste Erklärung der Bildung bei *Cycas* scheint die zu sein, dass einerseits eine Absonderung nach Aussen, andererseits eine Verdickung der ursprünglichen Zellenmembran durch Schichtenbildung nach Innen bis zur Entstehung von Porencanälen stattgefunden habe. Auch weist die Beobachtung früherer Zustände hier nach, dass die Poren mindestens gleichzeitig mit dem Anfang der *Cuticula*, vielleicht noch etwas früher sichtbar

* *Linnaea* 1842. Vermischte Schriften 1845, S. 260.

** *Hugo v. Mohl* über das Eindringen der Certicula in die Spaltöffnungen (in: Botanische Zeitung 1845. Sp. 1 ff.)

*** *Annales des sciences Tom. XXI.*

werden, was mit *Mohl's* Ansicht durchaus unvereinbar ist. Ich muss meine Ansicht zur Zeit noch durch Beobachtung der Entwickelungsgeschichte der Absonderungsschicht für gestützt halten. Insbesondere scheinen mir die Beobachtungen an *Oryza sativa*, der *Hyacinthe* und an *Dipsacus fullonum* hinlängliche Sicherheit zu gewähren.

Die zweite Ansicht ist die von *Hartig* (Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen 1843) aufgestellte. Er nimmt an, die erste Zelle, welche Grundlage der ganzen Pflanze sei (Urzelle), bleibe persistent und umgebe die ganze Pflanze fortwachsend während ihres ganzen Lebens, ziehe sich bald durch die Spaltöffnungen in die Intercellularräume hinein, bald über die Spaltöffnungen weg, dieselben verschliessend *. Diese Urzelle verhält sich später wie alle Zellen, d. h. sie sondert als Ptychode eine Astathe und Eusthate ab und diese letztere soll meine Absonderungsschicht sein, deren Bildungsgeschichte, als vollkommen richtig von mir dargestellt, bezeichnet wird. Hiergegen ist zu bemerken, dass im directen Widerspruch mit seiner ganzen Zellenbildungsansicht *Hartig* hier die Eustathe vor der Astathe entstehen lässt; ferner lässt sich eine Absonderung nach Aussen wohl bei einer Zelle denken, die einen formlosen Inhalt hat, in welchem chemische Processe vor sich gehen, aber nicht in *Hartig's* fingirter Urzelle, die gar keinen eignen Inhalt hat, sondern nur die die Pflanze constituirenden Zellen umschliesst. Es müssten also hier die Oberhautzellen nach Aussen ihre eigene Eusthate und Asthate absondern und dann durch diese und die Ptychode der Urzelle hindurch auch noch die Eusthate und Asthate der Urzelle. Man sieht schon hieraus, dass diese Ansicht höchst unklar gedacht ist und daher gar nicht von unmittelbarer Anschauung abgeleitet sein kann. Ferner ist wieder zu bemerken, dass das Vorhandensein der Urzelle als unmittelbar auf den Oberhautzellen aufliegender Haut von *Hartig* in dem citirten Werk in keinem einzigen wirklichen Falle nachgewiesen ist, ebenso fehlt durchaus der Nachweis, dass die durch Schwefelsäure am Embryo darstellbare zarte *Cuticula* mit der den Oberhautzellen unmittelbar aufliegen sollenden Ptychode der Urzelle und nicht vielmehr mit der äussersten Absonderungsschicht (der Eustathe) der Oberhautzellen identisch sei. Ich halte sonach die von mir entwickelte Ansicht, die übrigens nicht wie *Hartig* sagt, die allgemeine, sondern mir eigenthümlich ist, bis jetzt noch für besser begründet und richtiger.

Die Absonderungsschicht wird durch Jod und Schwefelsäure gelb oder gelbbraun gefärbt, wenn man aber die dieselbe tränkenden Substanzen durch Aetzkali auszieht, so genügt Jod um die blaue Färbung des Zellstoffs hervorzurufen. — *Mohl* **, der das zuerst nachgewiesen, unterscheidet noch eine zarte äusserste Schicht, die durchaus bei keiner noch so sorgfältigen Behandlung eine Reaction auf Zellstoff zeigt, sondern durch Jod gelb gefärbt wird. *Mohl* wünscht, dass das Wort »*Cuticula*« auf diese äusserste Schicht beschränkt bleibe und er hält diese Haut allein für identisch mit *Brongniart's Cuticula*. Der auf der äusseren Fläche der Oberhaut nie fehlende Wachs- oder Harzüberzug muss nothwendig hier die äussere Lage gegen die Einwirkung von Säuren und selbst zum Theil gegen Alkali unempfindlich machen.

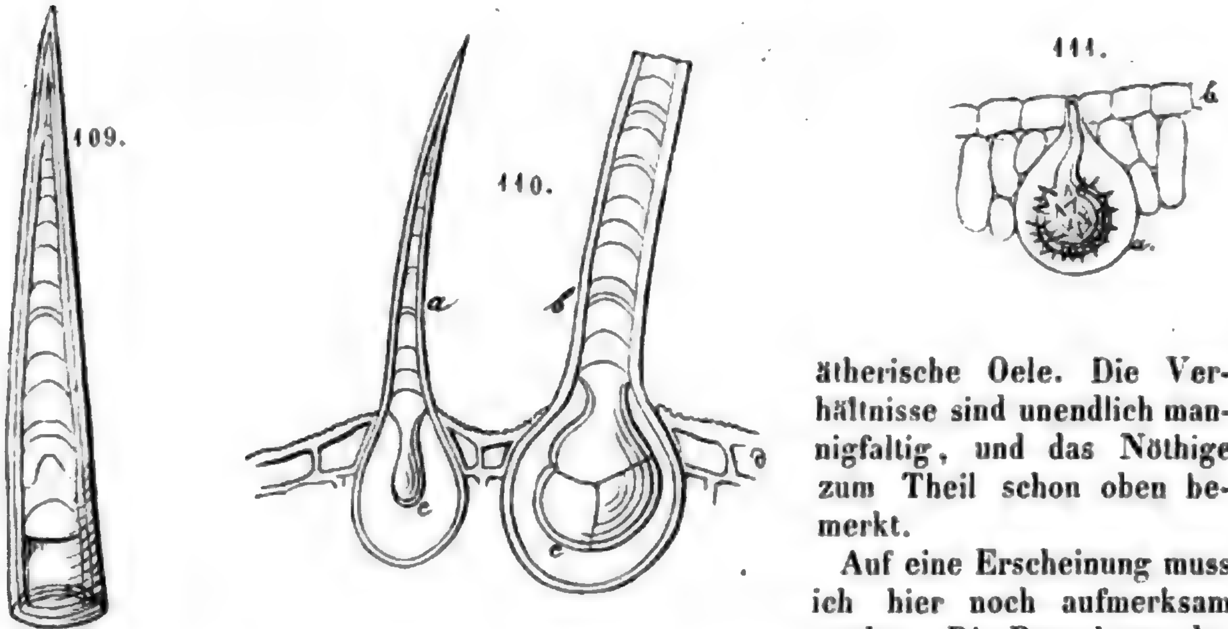
Die zwei Spaltöffnungzellen unterscheiden sich, wie schon früher bemerkt, in ihrem Inhalt und Lebensprocess nicht von denen des darunter liegenden Parenchyms. Die Spalte, die sie zwischen sich lassen, ist an derselben Pflanze zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Stellen verschieden weit geöffnet, und dadurch wird offenbar die Möglichkeit der Communication des Parenchyms mit der Atmosphäre modificirt. Wir sind hier sehr zurück und wissen noch nicht einmal, ob ein Turgesciren oder Collabiren der Zellen die Verengerung der Spalte bedingt. Mir ist das Letzte

* Dies doppelte Verhalten der *Cuticula* zur Spaltöffnung ist an sich schon im höchsten Grade unwahrscheinlich und offenbar nur ersonnen, um die an sich nicht wegzuleugnenden Facta, dass die Spaltöffnung meistentheils unzweifelhaft unverschlossen in den darunter liegenden Intercellularraum führt, mit der aufgestellten Ansicht von der Urzelle zusammenzureimen.

** Untersuchung der Frage: Bildet die Cellulose die Grundlage sämmtlicher vegetabilischen Membranen (in: Botanische Zeitung 1847. S. 497).

wahrscheinlicher, weil dadurch bei zu grosser Verdunstung, welche offenbar diese Zellen zuerst trifft, die Verdunstung aufgehalten würde.

Die appendiculären Organe bestehen wieder aus Zellen, die wie das Parenchyma weniger von ihrer Individualität haben aufgeben müssen, deshalb zeigen sich auch in ihnen zahllose eigenthümliche Processe, woraus besondere Substanzen hervorgehen, die zum Theil abgesondert werden, namentlich klebrige, süsse, harzartige Stoffe und



ätherische Oele. Die Verhältnisse sind unendlich mannigfaltig, und das Nöthige zum Theil schon oben bemerkt.

Auf eine Erscheinung muss ich hier noch aufmerksam machen. Die Brennhaare der Borragineen (*Borrago officinalis*) (109) und Urticeen füllen sich im Alter von der Spitze nach der Basis mit einem von der Wand verschiedenen, schichtenweis abgelagerten assimilirten Stoff. Bei den Urticeen (110) (bei den Borragineen habe ich Aehnliches noch nicht finden können) bildet diese Füllmasse (*c*) sobald sie bis zur angeschwollenen Basis der Haare herabgestiegen ist, einen in diese letztere hineinragenden zuweilen länger oder kürzer gestielten Ballen (*Ficus*, *Broussonetia*), der zuweilen mit kleinen, kohlensauren Kalkkrystallen besetzt wird (111). Bei *Cannabis* ragen diese Haare nur mit einer kleinen Spitze über die Oberhaut hervor, bei *Urtica canadensis* liegt eine grosse kugelförmige Zelle mit der Fläche der Oberhaut gleich, bei *Parietaria judaica*, *Humulus* (111), *Forskaelea tenacissima* liegt eine gleiche Zelle (*a*) unter der Oberhaut (*b*). Ich glaube man darf die letzteren als specifisch gesetzmässig unentwickelte Brennhaare ansehen*.

109. Oberer Theil eines Haares von *Borrago officinalis*, anfänglich schichtenweis verdickt, dann von oben nach unten allmälig durch feste Ablagerungen ausgefüllt.

110. Senkrechter Schnitt durch die Epidermis (*d*) des Blattes von *Ficus carica*, wodurch zwei Haare (*a* und *b*) mit ihrem untern blasig angeschwollenen Theile frei gelegt sind. Von *b* ist die Spitze in der Zeichnung weggelassen. Beide Haare sind nach oben durch allmälige Ablagerungen ausgefüllt und diese Concretionen (c) hängen in die untere Erweiterung der Haarzelle hinein. Im Haare *b* besteht diese Concretion aus drei vereinigten Stücken.

111. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Humulus lupulus*, durch die Oberhaut (*b*) und einige darunter liegende Parenchymzellen. *a* eine nach Innen zu blasig angeschwollene Zelle der Oberhaut, den Haaren von *Ficus* analog. Das schmälere Ende ist ausgefüllt und von hier hängt an einer Art von Stiel eine mit Kalkkrystallen besetzte Concretionsmasse in den erweiterten Theil der Zelle hinein.

---

* *Meyen* (*Müller's* Archiv, Jahrgang 1839, S. 257) entdeckte diese Concretionen bei *Ficus*. *Payen* (*Froriep's* Notizen Bd. XVI, Nr. 335) fand sie bei mehreren Pflanzen und verspann sie nach Art der Franzosen gleich zu einer weitläufigen, dem genaueren Physiologen sich gleich von selbst widerlegenden sogenannten Theorie.

§. 64.

Die Zellen der Wurzelhülle führen nur Luft und dienen vielleicht zur Verdichtung des Wasserdunstes und Zuleitung desselben zum Parenchym der Wurzel.

Abermals ist hier noch ein ungelöstes Räthsel, dessen Deutung ich nicht anders zu geben vermag, obwohl hier mehr die Betrachtung der Verhältnisse, unter welchen diese Wurzeln an Pflanzen, welche meist ohne Boden in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre wachsen, vorkommen, dabei leiten kann. Auf die angebliche grosse Hygroskopicität der Spiralfasern, die von *Meyen* immer hervorgehoben wird, gebe ich nicht viel, mehr auf die höchst poröse Beschaffenheit dieser Schicht, die vielleicht ähnlich einer frisch ausgeglühten Holzkohle wirkt.

Drittes Buch.

Morphologie.

---

§. 65.

Morphologie ist die Lehre von den Gestalten der Pflanze und ihrer Theile. Sie zerfällt in einen allgemeinen Theil, welcher Alles entwickelt, was sich auf die Pflanzen und ihre Organe im Allgemeinen bezieht, und einen speciellen Theil, welcher die Pflanzen nach ihren Hauptgruppen, sowie ihre einzelnen Organe behandelt; der specielle Theil zerfällt wieder in zwei parallele Aufgaben, nämlich die Darstellung der äussern Gestalt und Darstellung der innern Gestaltung, oder der gesetzmässigen Zusammensetzung der Pflanze und ihrer Theile aus den verschiedenen Geweben.

In der methodologischen Einleitung (S. 10, 20 ff.) habe ich nachzuweisen versucht, dass die äussere Gestaltlehre der Pflanze eigentlich der wichtigste Theil der ganzen Botanik ist. Man darf auch nur die Geschichte der Wissenschaft ansehen, um sich von der Richtigkeit dieser Ansicht zu überzeugen, denn wahrhaft bewundernswürdig ist es, wie weit es bei fast gänzlicher Vernachlässigung aller übrigen wissenschaftlichen Verständigung gelungen ist, das Material durch blosse Betrachtung des Aeusseren zu bewältigen und auf eine solche Weise anzuordnen, dass die auf anderm Wege (ich meine dem anatomisch-physiologischen) in neuerer Zeit versuchten Systeme nur höchst geringe und zwar theils offenbar unhaltbare, theils wenigstens noch sehr bedenkliche Abänderungen vornehmen konnten. Die morphologische Anschauungsweise hat zwar auf diese Weise von jeher der Behandlung der Botanik zu Grunde gelegen, aber man ist weit davon entfernt geblieben, die Aufgabe wissenschaftlich scharf zu fassen und danach die Lösung zu versuchen. Die Aufgabe ist eigentlich eine doppelte, eine empirische und eine theoretische. Die erstere hat die Grundgestalten aufzusuchen und zu charakterisiren, die, gleichsam als Typen oder als Geschlechts- und Artbegriffe der Gestalten, den individuellen Gestalten zu Grunde liegen. Die zweite hat dann die Naturgesetze zu entwickeln, unter denen sich jene Typen bilden und welche die Abweichungen der individuellen Gestalten von jenen Urbildern bedingen und erklären. Für die erste Aufgabe sind uns einige obwohl noch sehr fragmentarisch dastehende Entwickelungen geglückt, für die zweite Aufgabe aber besitzen wir kaum einige Andeutungen. Dass hier ebenfalls die Lösung zuerst beim einfachsten Fall zu suchen sein wird, ist klar. Hier hat nun allerdings *Schwann* mit eminentem Scharfsinn die Analogie zwischen Krystall- und Zellenbildung geltend gemacht; aber wir haben leider für die Krystallbildung selbst das Gesetz noch nicht in die Gewalt unserer wissenschaftlichen Einsicht gebracht. So kann hier die Aufgabe für die Botanik bis jetzt nur genannt werden, und den Anfang ihrer Lösung können wir erst erwarten, wenn die mathematische Construction der Krystallbildung vollendet vor uns liegt.

Soll die Aufgabe aber je gelöst werden, so müssen wir der möglichen Construction noch auf eine ganz andere Weise entgegenkommen, als bis jetzt geschehen ist. Dafür müssen wir die Eigenheiten der organischen Gestalt, insbesondere der vegetabilischen im Gegensatz gegen die unorganische, etwas genauer betrachten. Die unorganische Gestalt, der Krystall, ist ein Feststehendes, einmal gebildet Unveränderliches; das Individuum (das Einzelwesen) ist eben die gegebene Gestalt selbst, und mit Auflösung und Abänderung der Gestalt geht auch ein neues Individuum hervor. Bei der Pflanze dagegen ist die Gestalt nichts Festes, Bleibendes, sondern ein ewig Bewegliches. Die Analogien zwischen beiden liegen nur in den einfachsten Fällen. Der Kernkrystall entsteht in bestimmter Gestalt und durchläuft dann eine Reihe von Gestalten bis zur abgeleiteten Krystallform. Als solche bleibt er dann unveränderlich, bis mit der Gestalt zugleich das Individuum zerstört wird. So hat er allerdings eine obwohl sehr einfache Entwickelungsgeschichte, aber nur indem zu dem einmal Vorhandenen noch etwas hinzutrat, bis das Ganze vollendet war. Dem analog bildet sich die Zelle, in bestimmter Gestalt entstehend, eine Reihe von Veränderungen durchlaufend, die (wie es scheint) nur Neues hinzubringen, bis die Gestalt fertig ist, die dann bis zu ihrer Auflösung und daher der Aufhebung ihrer Individualität stationär bleibt. Ganz anders ist es aber bei den combinirten Gestalten, die mit wenigen Ausnahmen allein das ausmachen, was wir Pflanzen nennen. Hier treten eine Anzahl Zellen zu einer bestimmten äusseren Abgrenzung zusammen, aber diese Zellen selbst gehen nicht als todte Massentheilchen in die Gestalt ein, sondern sie fahren fort, neue Zellen zu entwickeln, während die alten zum Theil zerstört werden; die neu entstandenen Zellen verändern durch ihre Anordnung die Gestalt des Ganzen, und indem sich so beständig Neues bildet, Altes zerstört wird, erscheint die Gesammtbegrenzung als eine durchaus bewegliche. Da aber diese Umwandlung ganz stetig und nur in den einzelnen Theilen vor sich geht, können wir jede aus diesem Processe hervorgehende Gestalt nicht als eine neue, sondern nur als eine leichte Modification der nächst vorhergehenden ansehen, und diese eigenthümliche Verknüpfung giebt uns Ein Individuum, dessen erstes Auftreten vielleicht nach Gestalt und Materie auch nicht das kleinste Theilchen mit seiner endlichen Erscheinung gemein hat, unter dessen Begriff wir aber nichtsdestoweniger diese ganze Reihe wechselnder Gestalten, deren weit entfernte Glieder vielleicht gar kein identisches Element haben, zusammenfassen müssen, wenn wir zu einer wissenschaftlichen Einsicht gelangen, wenn wir den Gegenstand begreifen und nicht bloss eine vereinzelte unverstandene und unverständliche Anschauung auffassen wollen. Aus dieser Andeutung nun ergiebt sich, dass, die hervorstehende Wichtigkeit der morphologischen Betrachtungsweise vorausgesetzt, wir doch mit der Auffassung der in irgend einem Momente als fertig angenommenen Gestalten nichts gewinnen, sondern dass wir die Gesetze der morphologischen Entwickelung aufzusuchen haben, dass überhaupt nicht zu irgend einer Zeit fertige Einzelwesen, sondern nur im Begriff zusammenzufassende stetige Reihen gesetzmässig sich verändernder Gestalten die eigentlichen Gegenstände unserer wissenschaftlichen Betrachtungen sind. Die Geschlechts- und Artbegriffe in der Botanik bilden sich somit nicht bloss aus einem Nebeneinander, sondern zugleich unvermeidlich aus dem gesetzlichen Nacheinander der einzelnen Merkmale. Auf diese Weise breiten wir den Inductionen eine sichere Grundlage unter, um an eine Theorie der organischen Morphologie gehen zu können, wenn es gelungen sein wird, die Theorie der unorganischen Gestaltenbildung zu vollenden. Noch sind wir aber sehr weit von diesem Ziel und zwar aus dem einzigen Grunde, weil man fast erst in neuester Zeit und hier auch nur sehr fragmentarisch die Rechte der Entwickelungsgeschichte anerkannt hat, ohne welche doch die Botanik ohne alles wissenschaftliche Princip dasteht. Aus dieser Mangelhaftigkeit ergiebt sich die Unmöglichkeit, die Morphologie jetzt noch mit wissenschaftlicher Consequenz und in vollständig systematischer Anordnung zu behandeln, welcher Mangel in meiner Ausführung dieser Lehre, obwohl gewiss nur zum Theil durch meine Schuld, nur zu sichtbar

hervortreten wird. Möglich ist es aber, die Aufgabe vollständig zu entwickeln, und dafür bemerke ich hier noch Folgendes.

Wir haben die Gesetze der Gestaltenbildung zu construiren und die Gestalten selbst zu schildern. Das erste bleibt vorläufig nur Aufgabe und kann erst in spätern Zeiten seine Lösung finden. Das zweite kann, wenn auch unvollkommen, gegeben werden. Unvollkommen deshalb, weil wir statt der vollständigen Entwickelungsreihen, um die es allein zu thun ist, nur noch einzelne Zustände kennen und deshalb noch fast der grösste Theil der Arbeit ungethan vor uns liegt. Wir müssen hier aber wieder sondern:

1. Formenreihen, die bei allen oder doch bei vielen Pflanzen von sehr verschiedener Natur vorkommen, die uns daher als Grundlagen für die vegetabilische Gestaltlehre überhaupt gelten, »allgemeine Morphologie«.

2. Formenreihen, die nur bestimmten Gruppen von Pflanzen eigenthümlich sind, »specielle oder vergleichende Morphologie«.

Beide Theile würden nun wieder zerfallen in Betrachtung der Gestalt ohne Rücksicht auf die Zusammensetzung derselben aus den verschiedenen Gestalten der Elementarorgane, »äussere Morphologie«, und Betrachtung der Art und Weise, wie die Gestalten aus einzelnen Geweben zusammengesetzt sind, »innere Morphologie (Structurlehre, vergleichende Anatomie)«. Dieser letzte Theil fällt aber für die allgemeine Morphologie weg, weil wir hier bis jetzt wenigstens nichts sagen können als: »jede Pflanze besteht aus den verschiedenen Gestalten der Elementarorgane«, welche schon früher abgehandelt sind. Aber auch für den zweiten Theil, für die vergleichende Morphologie, scheint es mir unzweckmässig, beide Abtheilungen zu trennen, weil wir noch zu wenig Material haben. Ich werde daher der Betrachtung der einzelnen Pflanzengruppen und Pflanzentheile jedesmal das, was wir über ihre Structur wissen, beifügen.

Erstes Capitel.

Allgemeine Morphologie.

§. 66.

Gegenstände der Gestaltlehre sind überhaupt die Gestalten der Einzelwesen und ihrer Theile.

I. In der Botanik haben wir als Individuen nach wissenschaftlicher Betrachtungsweise: die einzelne Zelle, und nach empirischer Auffassung: die Pflanzen. In letzterer Beziehung zeigen sich Individuen verschiedener Ordnung. Die Elementarorgane treten zu bestimmten Gestalten zusammen (Einzelpflanze, *planta simplex*). Durch Fortbildung entwickeln sich auf der Pflanze neue gleiche Individuen (Knospen, *gemmae*), welche häufig mit der Mutterpflanze in Verbindung bleiben und so für die Anschauung ein Gesammtindividuum bilden (zusammengesetzte Pflanze, *planta composita*). Gehen aus den Knospen nur Fortpflanzungsorgane oder Blüthen hervor, so nennen wir die Pflanze ebenfalls noch einfach. Diese Zusammensetzung wiederholt sich in unzähligen Abstufungen.

Ueber den Begriff des Individuums ist viel geschrieben und gestritten worden, ohne dass die Sache klarer geworden wäre, hauptsächlich weil man sich über den Ursprung des Begriffs nicht verständigte. Das Individuum ist aber eigentlich gar kein Begriff, sondern die rein anschauliche Auffassung irgend eines wirklichen Gegenstandes unter einem gegebenen Artbegriff, von diesem letztern hängt es allein ab, ob

etwas ein Individuum ist oder nicht. Unter dem Artbegriff des Sonnensystems ist das unsrige ein Individuum, im Bezug auf den Artbegriff Weltkörper ein Aggregat vieler Individuen. Es hat somit gar keinen Sinn darüber zu streiten, ob etwas ein Individuum in der Pflanzenwelt sei oder nicht, sobald nicht der Artbegriff, die Pflanze, vollkommen definirt ist. Nun habe ich aber oben gezeigt (S. 10 ff.), dass wir bis jetzt die Pflanze im Ganzen nicht mit wissenschaftlicher Deutlichkeit nach definirtem Begriff, sondern nur schematisch auffassen können. Wie wir aber in das bereits erkannte Material hineingreifen und uns daraus die Artbegriffe der Pflanze als vorläufiges wissenschaftliches Hülfsmittel definiren wollen, bleibt rein willkürlich und kann höchstens einen Streit über die Zweckmässigkeit der einen oder andern Definition veranlassen. Ich glaube aber, sehen wir auf die schon früher angeführten unzweifelhaften Thatsachen (S. 75) und die übrigen im Laufe dieser Erörterungen vorkommenden Verhältnisse, so muss es uns als das Zweckmässigste und wissenschaftlich Brauchbarste erscheinen, als Pflanze (einfache Pflanze erster Ordnung) im Allgemeinen die vegetabilische Zelle anzusprechen. Unter diesem Begriff erscheinen uns dann *Protococcus* und andere nur aus einer Zelle bestehende Pflanzen, die Spore und das Pollenkorn als Individuum. Solche Individuen können aber mit theilweiser Aufgebung ihrer individuellen Selbstständigkeit wiederum nach bestimmten Gesetzen zu abgeschlossenen Gestalten zusammentreten (etwa wie die Einzelthiere zur Kugel des *Volvox globator*). Diese erscheinen uns empirisch abermals als Einzelwesen unter einem Artbegriff (einfache Pflanze zweiter Ordnung), den wir aus der Form der gesetzlichen Verknüpfung der elementaren Individuen ableiten. Aber auch hierbei können wir nicht stehen bleiben, da die Natur selbst diese Individuen noch wieder zu grösseren Gesellschaften unter bestimmter Gestalt verbindet*, und so erhalten wir den dritten Begriff der Pflanze nach einer Verknüpfung gleichsam in zweiter Potenz (zusammengesetzte Pflanze, Pflanze dritter Ordnung). Die einfache aus dem Zusammentreten der Elementarindividuen hervorgegangene Pflanze heisst dann in der Zusammensetzung zur Pflanze dritter Ordnung Knospe (*gemma*). Dieser letzte Begriff lässt sich aber erst da scharf anwenden, wo die Form der Verknüpfung der Elementarorgane eine ganz gesetzmässig bestimmte geworden ist. Dies finden wir aber erst von den Moosen aufwärts; bei Algen, Flechten und Pilzen dagegen ist die Verknüpfung der Elementarindividuen so locker, dass wir zwischen individueller Fortbildung der Pflanze und einer dieselbe wiederholenden Zusammensetzung, oder mit andern Worten zwischen Wachsthum und Knospenbildung nicht wohl unterscheiden können. Vorläufig betrachten wir diese also als einfache Pflanzen (zweiter Ordnung). Weil aber die Bildung von Fortpflanzungsorganen oder Blüthen jedesmal die weitere Fortbildung der einfachen Pflanze in dieser Richtung völlig aufhebt, nennen wir die einfache Pflanze, deren Knospen nur Fortpflanzungsorgane oder Blüthen und folglich der Fortbildung unfähige Individuen sind, auch noch einfache Pflanzen.

§. 67.

II. Unter den Theilen der Pflanze, deren Gestalten man zu betrachten hat, verstehe ich solche, die sich als anschaulich erfassbare, innerhalb der Sphäre einer Pflanzengruppe constante Abtheilungen der Gesammtgestalt ergeben, und nenne diese Theile Organe der Pflanze.

Es gehört mit zu den unglückseligen Verwirrungen, die eine falsche Analogie mit den Thieren in die Botanik gebracht, dass man gewöhnlich die Organe der Pflanze nur nach physiologischen Merkmalen zu charakterisiren versucht, ganz vergessend, dass wir gar kein Organ kennen, in welchem nicht die einzelnen Zellen für sich ihr

* *Gemmae totidem herbae. Linné, Phil. bot.* §. 132. Schon hier war dies Verhältniss richtig aufgefasst.

vollständiges Leben lebten und nur **zuweilen** so weit modificirt, dass eine bestimmte Seite dieses Lebens vorzugsweise hervortritt (wie das weiter unten in der Organologie auszuführen ist), ohne dass aber die andern völlig unterdrückt wären. Durch welchen lebendigen Theil könnte die Pflanze nicht Nahrung aufnehmen, durch welchen nicht ausscheiden, durch welchen sich nicht fortpflanzen? Wenn aber diese wichtigsten Functionen nicht einmal einem bestimmten Organ zugetheilt sind, wie kann man denn überall noch von physiologischen Verschiedenheiten der Organe reden? Mir scheint es, dass alles hier auf die Gestaltbildung basirt werden muss. Ob und welche Organe sich auf diese Weise ergeben, muss der speciellen Morphologie überlassen bleiben, sowie die Organologie zu erörtern hat, inwiefern in diesen Organen etwa vorzugsweise bestimmte Seiten des Zellenlebens zu einem auffallenden Gesammteffect entwickelt sind.

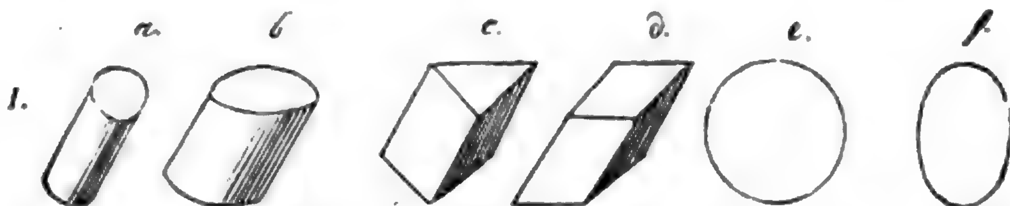
§. 68.

Die Bedingung aller Gestaltenbildung ist die Ausbreitung im Raum. Jede Pflanze, jeder Theil kann daher **linienförmig**, *Conferva*, *Usnea*, *Cuscuta*, die meisten Stengel, Blätter von *Juncus*, *Triglochin* u. s. w., **flächenförmig**, *Ulva*, *Parmelia*, *Lacis*, *Marathrum*, Stengel von *Opuntia*, *Phyllanthus*, *Ruscus*, gewöhnliche Blätter u. s. w., oder **körperlich** ausgedehnt, *Protococcus*, *Undina*, *Mamillaria*, *Melocactus*, Blätter der *Sedum*- oder *Mesembryanthemum*-Arten, erscheinen.

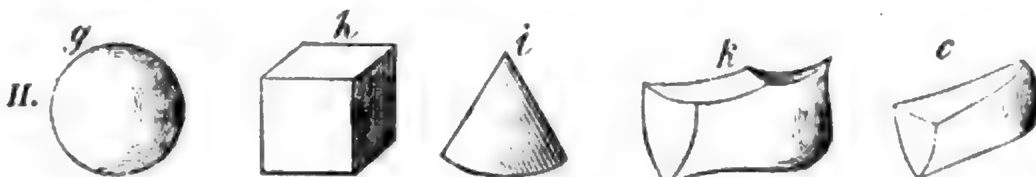
Das blosse Vorherrschen einer Dimension darf nie als Merkmal in den Begriff einer Pflanzengruppe oder eines Pflanzentheils aufgenommen werden, da wir hierin durch die Erfahrung nicht auf bestimmte Gesetze geführt werden, *a priori* aber die Ausdehnung nach allen drei Dimensionen des Raumes gleich möglich ist. Es ist gewiss wichtig, diesen Satz in seiner Allgemeingültigkeit festzuhalten, denn so einfach er ist, so oft ist ihm zuwider über die Natur einzelner Organe nach blossen Dimensionsverhältnissen entschieden worden.

§. 69.

Die linienförmigen Gebilde bestimmt man noch genauer nach der Figur des Querschnitts als *teres* (*a*), *anceps* (*b*), *triqueter* (*c*), *quadrangularis* (*d*) *etc.* Die Flächenformen sind niemals ganz von geraden Linien eingeschlossen, meist von Curven begrenzt und man nennt sie nach diesen *rotundus* (*e*), *ovatus* (*f*) *etc.* Die



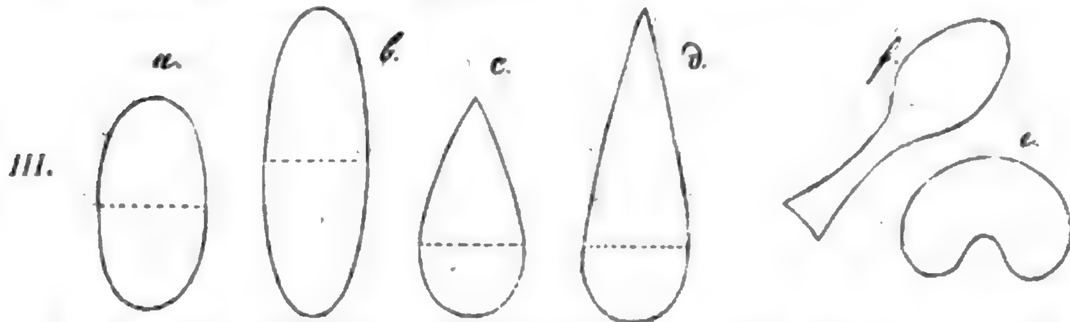
Körperformen endlich bezeichnet man nach ihrer Aehnlichkeit mit stereometrischen Figuren als *globularis* (*g*), *cubicus* (*h*), *conicus* (*i*) *etc.* oder nach zufälligen Aehnlichkeiten mit bekannten Gegenständen als *acinaciforme* (*k*), *dolabrifo rme* (*l*), *mamillaris etc.*



B. Der grösste Querdurchmesser im untern Drittheil.
  a. zweimal so lang als breit: eiförmig *(ovatus)* (*c*) oder wenn der grösste Querdurchmesser im obern Drittheil liegt: verkehrt eiförmig *(obovatus)*.
  b. dreimal so lang als breit und darüber: lanzettlich *(lanceolatus)* (*d*).

C. Breiter als lang, an einem Ende abgerundet, am andern vertieft: nierenförmig *(reniformis)* (*e*).

D. Oben ein breiterer Theil, der ziemlich auffallend in ein unteres schmäleres Stück übergeht, bei Körpern: keulenförmig *(clavatus)*, bei Flächen: spatelförmig *(spathulatus)* (*f*). —

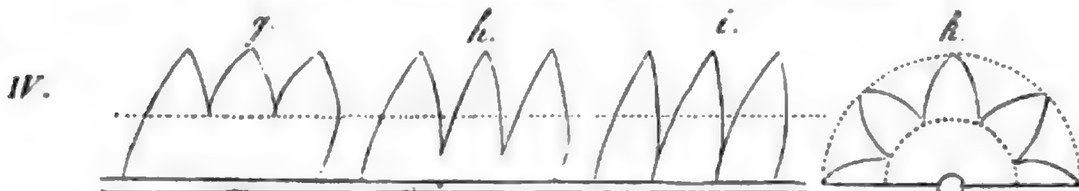


II. Man giebt ferner die Haupteintheilung dieser Formen an nach folgender Stufenfolge: indem man die Theilung auf eine in Gedanken gezogene Mittellinie oder einen Mittelpunkt bezieht und die Entfernung von dieser Linie oder diesem Punkte bis zum Umfang in zwei Theile theilt.

A. Getheilt ungefähr bis auf die Hälfte: gespalten *(fissus)* (*g*, *k*), die einzelnen Stücke: Lappen *(lobi)*.

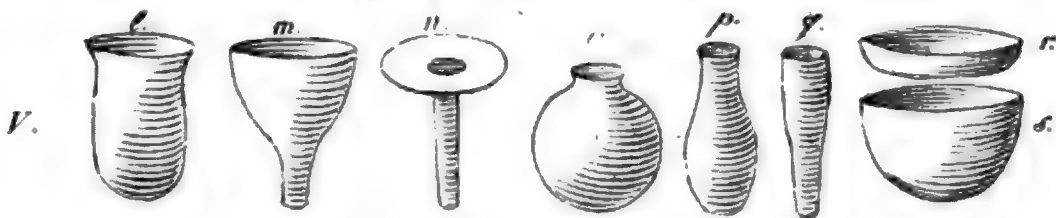
B. Getheilt bis über die Hälfte: getheilt *(partitus)* (*h*), die einzelnen Stücke: Theile *(partes)*.

C. Getheilt bis auf die angenommene Linie oder den Punkt: zerschnitten *(sectus)* (*i*), die einzelnen Stücke: Abschnitte *(segmenta)*.



III. Eine Reihe ziemlich bestimmter Ausdrücke hat man endlich noch für die Umrisse hohler Formen, wobei ebenfalls zunächst von der Theilung abgesehen wird. Die Ausdrücke sind Gleichnisse und von selbst verständlich:

Glockenförmig *(campanulatus)* (*l*), trichterförmig *(infundibuliformis)* (*m*), präsentirtellerförmig *(hypocrateriformis)** (*n*), krugförmig *(urceolatus)* (*o*), flaschenförmig *(lagenaeformis)* (*p*), röhrenförmig *(tubuliformis)* (*q*), becherförmig *(cupuliformis)* (*s*), tellerförmig *(patellaeformis)* (*r*). — Bei allen diesen Formen,



* Dieser Ausdruck ist nur für den deutlich, der auf alten Gemälden oder in alten Sammlungen die mittelalterliche Form der Teller hat kennen lernen, auf welche man Weingläser stellte.

wo ein solcher Unterschied anwendbar ist, heisst der untere mehr cylindrische Theil: Röhre (*tubus*), der obere mehr ausgebreitete: der Saum (*limbus*) und die Grenze beider: Rachen (*faux*).

§. 71.

Zu weiterer Beschreibung der Formen betrachtet man sodann Grund und Spitze besonders. Die Region, mit welcher eine Form befestigt ist, z. B. ein Blatt an einem Stiel, nennt man: Grund (*basis*), das entgegengesetzte freie Ende: Spitze (*apex*). Für beide haben wir besondere Bezeichnungen.

I. A. Spitze mit einspringendem Winkel und dieser 1. spitz: ausgeschnitten (*excisus*) (*a*), 2. abgerundet: ausgerandet (*emarginatus*) (*b*).

B. Spitze gerade abgestumpft: gestutzt (*truncatus* (*c*), rundlich-abgestumpft: abgerundet (*rotundatus*) (*d*).

C. Spitze in einen Winkel mit convexen Schenkeln auslaufend 1. in einen rechten Winkel und darüber: stumpf (*obtusus*) (*e*), 2. unter einem rechten Winkel: spitz (*acutus*) (*f*).

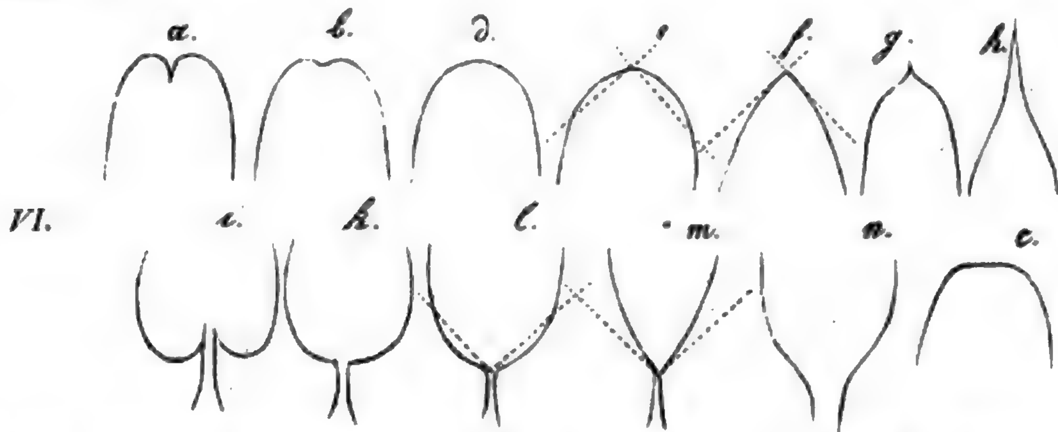
D. Spitze in einen Winkel mit concaven Schenkeln auslaufend 1. plötzlich und kurz gespitzt: stachelspitzig (*mucronatus*) (*g*), 2. allmälig und langgespitzt: zugespitzt (*acuminatus*) (*h*).

II. A. Grund mit einspringendem Winkel 1. spitz: herzförmig (*cordata*) (*i*), 2. abgerundet: nierenförmig (*reniformis*).

B. Grund rundlich abgestumpft: abgerundet (*rotundata*) (*k*).

C. Grund in einen Winkel mit convexen Schenkeln auslaufend 1. in einen rechten Winkel und darüber: stumpf (*obtusa*) (*l*), 2. unter einem rechten Winkel: spitz (*acuta*) (*m*).

D. Grund in einen Winkel mit concaven Schenkeln auslaufend: verschmälert (*attenuata*) (*n*).



Alle diese Ausdrücke gelten für Körperformen ebenso wie für Flächenformen. Nur bei den Letztern kann von einem Rande (*margo*) die Rede sein und nur bei diesen sind daher auch die folgenden Ausdrücke, welche sich auf leichtere Unregelmässigkeiten des Randes beziehen, anwendbar.

A. Die vorspringenden und einspringenden Winkel spitz.

a. Die Schenkel ungleich: sägezähnig (*serratus*) (*o*).

b. Die Schenkel gleich: gezähnt (*dentatus*) (*p*). Die einzelnen Vorsprünge in beiden Fällen: Zähne (*dentes*).

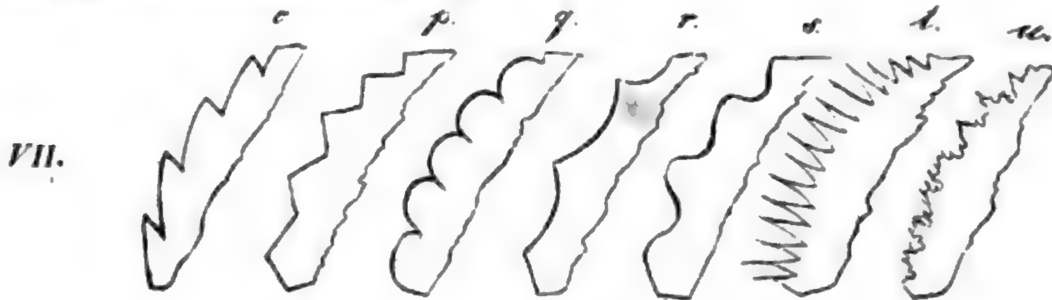
B. Die vorspringenden Spitzen abgerundet, die einspringenden Winkel spitz: gekerbt (*crenatus*) (*q*), die einzelnen Vorsprünge: Kerbzähne (*crenaturae*).

C. Die vorspringenden Winkel spitz, die einspringenden abgerundet: ausgeschweift (*repandus*) (*r*), die einzelnen Vorsprünge: Zähne (*dentes*).

D. Vor- und einspringende Winkel abgerundet: buchtig (*sinuatus*) (*s*), die einzelnen Theile: Läppchen (*lobuli*).

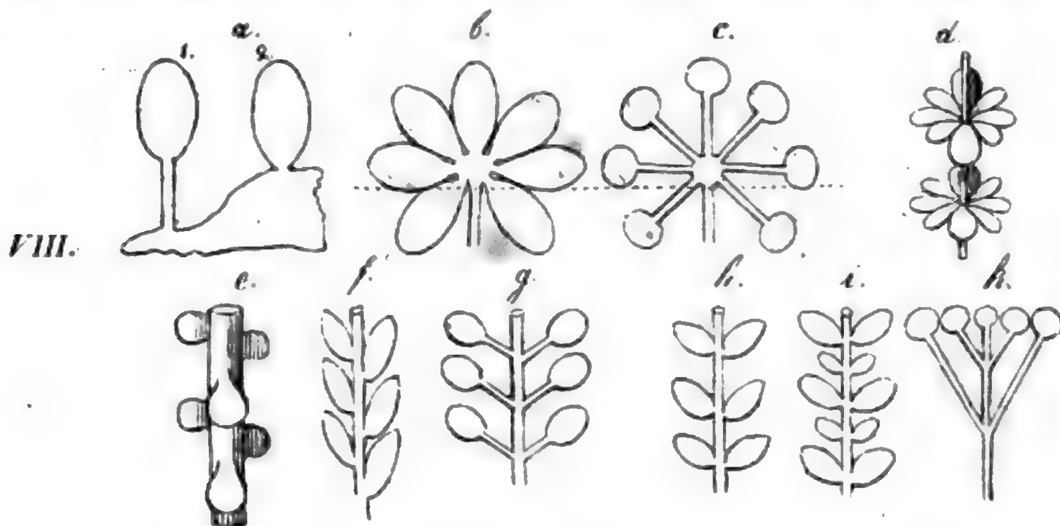
E. Vor- und einspringende Winkel sehr spitz, die Theilchen ganz schmal und lang: gewimpert (*ciliatus*) (*t*), die einzelnen Theilchen: Wimpern (*ciliae*).

F. Vor- und einspringende Winkel und die Läppchen ganz unregelmässig klein und dicht: ausgefressen (*erosus*) (*u*).



§. 72.

Die einfachen Grundgestalten können wieder zusammentreten, indem sie sich nach den drei Dimensionen des Raumes unter einander verbinden, woraus eine unendliche Mannigfaltigkeit der combinirten Gestalten hervorgeht, für deren wenigste wir anschauliche Bezeichnungen haben (wie z. B. linienförmige Aneinanderreihung kugeliger Formen, *moniliformes*, rosenkranzförmig). Ein kugeliger oder flächenförmiger Theil, dessen Grund durch einen linienförmigen Theil (*stipes*) mit einem andern verbunden ist, heisst: gestielt (*pars stipitata*) (*a*,[1]), ist er unmittelbar mit einem andern verbunden, so heisst er sitzend (*sessilis*) (*a*,[2]). Die wichtigsten Verhältnisse hat man unter folgende Betrachtungsweise zusammengefasst. Man sieht eine einfache Form als den Haupttheil, den Träger der andern an (*axis*), an welchem diese als Glieder oder Anhängsel befestigt sind (*articuli, partes appendiculares vel laterales*). Zunächst unterscheidet man dann nach der Form der Axe, ob sie in die Länge gestreckt ist oder nicht, dann nach der Form der Seitentheile, ob sie gestielt sind; ferner nach der Anordnung der Seitentheile an der Axe, endlich nach ihrer verschiedenen relativen Grösse. So erhalten wir folgendes Schema:



A. Axe kugelig, oder doch verkürzt.

A. Alle Seitentheile in einer Fläche liegend (*b, c*): handförmige oder fingerförmige Theile (*partes palmatae, digitatae*).

B. Allseitig an der Axe.

I. Ungestielte Seitentheile: Theile im Köpfchen (*p. capitatae*) (*b*)*.

II. Gestielte Seitentheile: Dolden (*p. umbellatae*) (*c*).

B. Axe langgestreckt.

A. Seitentheile von unten nach oben gleich lang.

I. Nach allen Seiten gerichtet.

a. Mehrere fast auf gleicher Höhe.

α. Oftmals in der Länge der Axe: Wirtel, Quirle (*p. verticillatae*) (*d*).

β. Am Grunde der Axe: rosettenförmige Theile (*p. rosulatae*).

b. Alle auf verschiedenen Höhen: zerstreute, spiralige Theile (*p. sparsae, spiraliter positae*) (*e*).

α. Ungestielte Seitentheile: ährenförmige Theile (*p. spicatae*) (*f*).

β. Gestielte Seitentheile: traubenförmige Theile (*p. racemosae*) (*g*).

II. In einer Fläche liegend.

a. Nur an einer Seite der Axe: einseitige Theile (*p. secundae*).

b. An zwei Seiten der Axe.

α. Alle gleich lang: gefiederte Theile (*p. pinnatae*) (*h*).

β. Abwechselnd länger und kürzer: unterbrochen gefiederte Theile (*p. interrupte pinnatae*) (*i*).

B. Die Seitentheile von unten nach oben allmälig an Länge abnehmend, so dass die Spitzen derselben in einer Ebene liegen: gegipfelte Theile, Doldentrauben (*p. fastigiatae, corymbi*) (*k*)**.

Auch hier gilt, was schon im vorigen Paragraphen bemerkt wurde, dass Vollständigkeit weder beabsichtigt ist, noch auch in der That möglich wäre. Hier wie überall ist unsere Terminologie noch ein unwissenschaftlicher Wust. Man hat stets nur Ausdrücke für einzelne Fälle gebildet, die sich bei Erweiterung der Anschauung schwer oder oft gar nicht auf das im einzelnen Falle liegende allgemeine Merkmal, welches man doch eigentlich bezeichnen wollte, ausdehnen lassen. Ueberhaupt dürfen wir eine streng wissenschaftlich-morphologische Terminologie erst dann erwarten, wenn uns die mathematische Construction der Form gelungen ist. Indess können wir doch so weit vorbereiten, dass wir solche Ausdrücke, die gar nichts speciell Pflanzliches, sondern blosse Verhältnisse von einfachen Formencombinationen bedeuten, nicht gelegentlich bei einem ganz speciellen Falle vorbringen, sondern ihre Allgemeinheit gleich aufweisen. Wir haben ebenso gut kopfförmig vereinigte, gefiederte, fingerförmige u. s. w. Krystalle. Was Aehre und Köpfchen bei den Blüthenständen unterscheidet, ist durchaus dasselbe, was *folia sparsa* von *foliis rosulatis* unterscheidet. Wir erfassen in diesem Merkmale gar nichts, was Blüthen, Blättern oder überhaupt irgend einem Pflanzentheil für sich eigenthümlich wäre, sondern bloss eine Formencombination, die von der Natur der Formen ganz unabhängig ist.

§. 73.

Sobald die Combinationen verwickelter oder die Gestalten unbestimmter werden, bleibt uns nur übrig jene Ausdrücke zu combiniren, oder ganz unbestimmte Gleichnisse zu wählen: so sagen wir handförmig gespaltene Theile (*p. palmatifidae*), doppelt gefiederte Theile (*p. bipinnatae*) u. s. w., oder wir bezeichnen Gestalten

* Am Ende einer langgestreckten Axe auch wohl schopfförmige Theile (*p. comosae*).

** Mehrere Doldentrauben zusammengesetzt nennt man auch wohl eine Trugdolde (*cyma*).

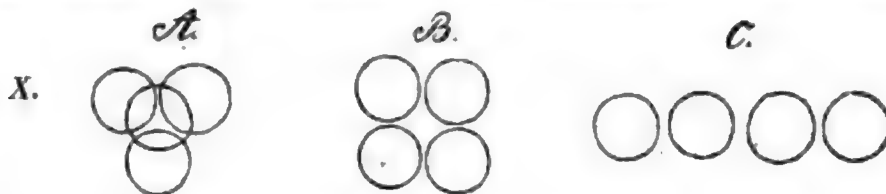
als Helm, Capuze, Sporn u. s. w., Ausdrücke, die sich fast alle nur für einzelne ganz bestimmte Formenkreise deutlich machen lassen und daher nur der speciellen Botanik angehören.

Endlich für kleine Unebenheiten der Fläche hat man eine grosse Menge verschiedener Ausdrücke, die ebenfalls bildlich meistens gar keine wissenschaftliche Schärfe zulassen, *aciculatus*, wie mit einer Nadel geritzt, *rimosus*, rissig, *sulcatus*, *punctatus*, *scrobiculatus*, *granulosus*, *verrucosus etc.*, auch muss man die verschiedenen Bezeichnungen für behaarte Flächen hierher rechnen, z. B. *arachnoideus*, *lanuginosus*, *tomentosus*, *pubescens*, *pilosus*, *setosus*, *strigosus etc.* Wissenschaftliche Genauigkeit kann hier nur durch genauere Beschreibung der betreffenden Theilchen und insbesondere durch Charakterisirung ihrer morphologischen oder anatomischen Bedeutung erreicht werden.

§. 74.

Bei allen Pflanzen, mit Ausnahme der wenigen nur aus einer Zelle bestehenden, beruht die Form auf der Zusammensetzung aus Zellen. Hier sind zwei Punkte für die Bildung der Formen wesentlich, nämlich die Anordnung der neu entstandenen Zellen und die verschiedene Ausdehnung der entstandenen. Für jede einzelne Pflanzenart, für jedes einzelne Organ sind beide Momente specifisch gesetzmässig, für die Pflanze im Allgemeinen völlig zufällig. Die Ausdehnung einer Pflanze oder eines Pflanzentheils nach einer, zwei oder drei Dimensionen des Raums kann sowohl auf der Anordnung der entstehenden Zellen, als auf der verschiedenen Ausdehnung der entstandenen, als auch auf beiden Momenten zugleich beruhen.

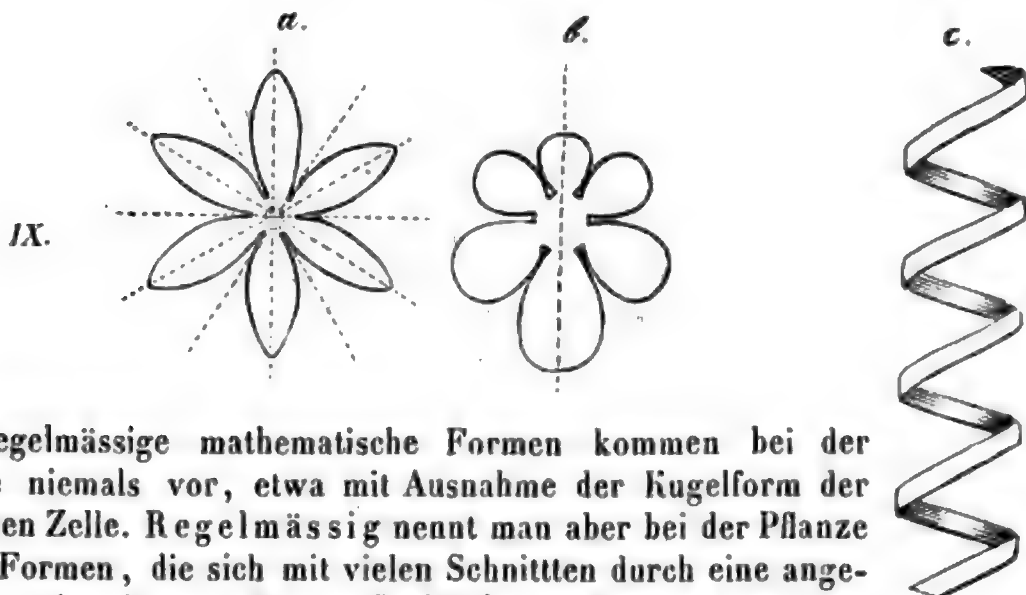
Der hier berührte Punkt ist bisher gänzlich vernachlässigt worden und wird gleichwohl die Grundlage der ganzen Morphologie werden, da von ihm allein die Formenbildung in der Pflanze bedingt ist. Man braucht sich nur zu erinnern, dass wenn in einer Zelle vier neue Zellen entstehen, diese ebenso gut in einer Reihe (linienförmig),



als zwei und zwei neben einander (flächenförmig), als endlich wie die Ecken des Tetraeders (körperförmig) in der Mutterzelle liegen können, in den andern Beziehungen giebt sich die Sache von selbst. Bei der grossen Schwierigkeit, in den meisten Fällen die erste Entstehung der Zellen zu beobachten, wird es freilich noch lange währen, ehe wir hier auch nur mit einiger Genauigkeit von der Entstehung der verschiedenen Formen Rechenschaft geben können. Es wird sich aber für die nächste Zeit alle Untersuchung der Entwickelungsgeschichte auf diesen wesentlichen Punkt richten müssen, und wir werden hier für die Morphologie die interessantesten Gesetze erwarten dürfen. — Etwas Allgemeines lässt sich zur Zeit noch nicht aussprechen, und es muss genügen, hier auf die durchgreifende Wichtigkeit aufmerksam gemacht zu haben. Einzelne, speciellere Ausführungen werden weiter unten insbesondere beim Stengel und den Blattorganen vorkommen. — Da die Grundlage jeder Pflanze stets eine einzelne Zelle (Spore oder Embryobläschen) ist, in oder aus der sich die neuern allmälig die ganze Pflanze bildenden Zellen entwickeln, so liegt immer schon in jeder vorhergehenden Zelle die Bedingung, weshalb sich die neuentstandenen Zellen so oder so anordnen; da aber die Ausdehnung der einzelnen Zelle für sich nach den drei Dimensionen des Raumes wesentlich von der Ernährung ihrer Membran, diese aber von der Zufüh-

rung ernährender Flüssigkeit abhängt, so wird jenes zweite die Formen bestimmende Moment fast immer schon durch das erste gegeben sein, sobald die Zellen nicht unmittelbar mit der Nahrungsflüssigkeit in Berührung stehen. Einer linienförmigen Anordnung der Zellen wird daher leicht auch eine grössere Ausdehnung in die Länge folgen u. s. w. Als ein Beispiel der gesetzmässigen Anordnung neu entstandener Zellen will ich hier nur die zwei Spaltöffnungszellen anführen. Hier entstehen in einer Mutterzelle zwei Brutzellen, die aber ohne Ausnahme sich gleich so bilden, dass sie mit der Oberhaut in einer Fläche, niemals so, dass sie von der Oberhaut aus betrachtet übereinander liegen.

§. 75.



Regelmässige mathematische Formen kommen bei der Pflanze niemals vor, etwa mit Ausnahme der Kugelform der einzelnen Zelle. Regelmässig nennt man aber bei der Pflanze solche Formen, die sich mit vielen Schnittten durch eine angenommene Axe in zwei gleiche Theile theilen lassen (*a*), symmetrisch dagegen solche, die nur durch einen einzigen Schnitt in zwei gleiche Theile, die sich dann wie rechte und linke Hand verhalten, getheilt werden können (*b*).

Da die einzelne Zelle ein ganz selbstständiges Individuum ist, da nur durch das Zusammentreten dieser einige wenige einfache Individuen zweiter Ordnung gebildet werden, die meisten Pflanzen aber aus der Zusammensetzung dieser letztern ihre ganze Gestalt gewinnen, jedes Individuum erster und zweiter Ordnung aber bei der grossen Selbstständigkeit seines Lebens von äussern Einflüssen für sich ergriffen werden kann, ohne dagegen durch den Zusammenhang mit dem Ganzen geschützt zu sein, so lässt sich leicht denken, wie viel Unbestimmtes in der Gestalt der meisten Pflanzen sein muss. Wir finden daher Regelmässigkeit im oben angegebenen Sinne und selbst Symmetrie nur bei wenigen ganzen Pflanzen, z. B. beim *Protococcus*, *Phascum*, *Equisetum*, *Wolffia*, *Melocactus*. Häufiger zeigt sich beides bei einzelnen Theilen der Pflanzen, besonders bei dem am meisten unter sich morphologisch und physiologisch verknüpften Fortpflanzungsapparat der höhern Pflanzen, z. B. bei der Mooskapsel, den Blüthen und Früchten; häufig auch noch die Symmetrie, wenigstens bei den Blättern und ganzen Individuen zweiter Ordnung, z. B. an Zweigen. *Hugo v. Mohl** hat viel Hübsches darüber gesammelt. Bis jetzt lassen sich noch gar keine Resultate daraus ziehen.

* Ueber die Symmetrie der Pflanzen. Tübingen 1836.

§. 76.

Eine bei der Pflanze sehr häufige und, wie es scheint, ihr vorzugsweise eigenthümliche Form ist die Erscheinung einer Spirale, am häufigsten und gesetzmässigsten im Lebensprocess der einzelnen Zelle als Verdickungsschicht auftretend (vergl. oben §. 18), ferner in der Anordnung des Chlorophylls bei *Spirogyra*, *Chara*; sodann in der spiraligen Stellung der knotigen Verdickungen der Zellenwand (§. 17), in der sehr häufig deutlichen spiraligen Anordnung appendiculärer Theile um eine Axe, endlich in der spiraligen Drehung langgestreckter Theile, z. B. der Ranken und Schlingpflanzen.

Die im Paragraphen angeführten Thatsachen sind nicht wohl in Abrede zu stellen und deuten allerdings auf einen gewissen Zusammenhang zwischen der spiraligen Richtung und einer Eigenthümlichkeit in der Natur der Pflanze hin. Man muss sich aber sehr hüten, diese Thatsachen zu überschätzen, da Manches darunter noch ganz vag und unsicher ist. Bei den Ranken und Schlingpflanzen z. B. giebt sich die Sache auch auf andere Weise, denn jeder fadenförmige Theil, den man um einen Stab windet, muss eine Spirale bilden, was doch Niemand aus der Natur des Eisendrahts oder des Hanfseils wird ableiten wollen. Die spiralige Stellung der appendiculären Organe betreffend, so hat man zwar in vielen Fällen den Augenschein, vielleicht selbst die scharfe mathematische Messung für sich, z. B. bei den Coniferenzapfen, bei den Warzen der Mamillarien, bei den Früchtchen der Sonnenblume, aber leugnen lässt sich doch auch nicht, dass in den meisten Fällen die Blätter z. B. entschieden keine mathematische Spirale bilden, und dass man nur nachweisen kann, dass sich die für eine Spirale gefundenen Gesetze recht gut auf die Blattstellungen anwenden lassen, wenn man sich die Blätter etwas zurecht rückt. Man vergisst hierbei ganz, dass man alle beliebig auf einem Cylinder zerstreuten Punkte (und ein Stengel ist noch dazu selten oder nie ein mathematischer Cylinder) durch eine Spirale verbinden kann, wenn man die Entfernungen aller Punkte von der Grundlinie als Bruchtheile der Länge des Cylinders ausdrückt und das gemeinschaftliche Maass dieser Brüche als Abstand für je zwei Windungen der Spirale annimmt. Eine in der Anordnung der Punkte selbst angedeutete Spirale dürfte man aber nur dann annehmen, wenn auf der wie angegeben erhaltenen Spirale die Entfernung zwischen zwei Punkten überall gleich wäre. Zu diesem Erforderniss gelangt man aber nur durch ein zur Zeit noch ganz willkürliches Verschieben der Punkte (Insertionsstellen der Blätter) oder gar durch Annahme eines Aborts, den man nicht in der Natur nachweist. Wahre Bedeutsamkeit wird diese Ansicht erst dann für die Betrachtung des Pflanzenorganismus gewinnen, wenn man im Stande ist nachzuweisen, aus welcher Eigenheit der Pflanze eine spiralige Anordnung nothwendig hervorgehen muss und auf welchen Gesetzen die individuellen Unregelmässigkeiten beruhen. Wie ganz willkürlich hier noch alles ist, zeigen schon die beiden entgegenstehenden Ansichten von *Schimper* und den Gebrüdern *Bravais*. Unten (bei den Blättern der Phanerogamen) werde ich noch einmal darauf zurückkommen. Am sichersten ist hier offenbar die spiralige Anordnung der Verdickungsschichten in der Zelle, aber auch hier haben wir bis jetzt nur die nackte Thatsache und noch nicht einmal eine Ahnung, wie dieselbe gesetzmässig aus der Natur der Pflanzenzelle abgeleitet werden könne. Dass die Vergleichungen mit einer magnetoelektrischen Spirale* blosse Witzeleien sind, und noch dazu höchst oberflächliche, versteht sich von selbst, da es bis jetzt an jeder Nachweisung auch nur der entfernten Wahrscheinlichkeit oder (bei dem feuchten, also überall hin leitenden Zustande der Zellenmembranen) selbst der Möglichkeit eines galvanischen Stromes fehlt.

* Z. B. *Link*, *Element. phil. bot. Ed. II. T.* 1. *p.* 197.

§. 77.

Allgemeine Zahlengesetze für die Pflanze kennen wir bis jetzt noch nicht. Andeutungen dazu mögen darin liegen, dass sich überwiegend häufig in einer Mutterzelle zwei oder vier oder acht Brutzellen bilden, z. B. bei *Tetraspora*, bei den Sporen der Octosporidien, der Moose, beim Pollen der Phanerogamen. Auch gehört vielleicht das häufig regelmässige Vorkommen von bestimmten Zahlen in den Quirlen hierher, so wie das Hervortreten der Dreizahl in den Blüthentheilen der Monokotyledonen, der Fünfzahl bei den Dikotyledonen.

Alle genannten Verhältnisse sind schon oft zu kindischen Zahlenspielereien benutzt worden, indem man ganz willkürlich die einzelnen Fälle für eine vorherersonnene Theorie herausnahm und die Ausnahmen ignorirte, oder durch eben so willkürlich ersonnene Fictionen für die angebliche Theorie zustutzte. Wir können noch nicht einmal im Entferntesten entscheiden, ob etwas, z. B. bei den drei Blumenblättern einer monokotyledonen Pflanze, als ein dreitheiliger Wirtel oder als eine zusammengezogene, dreigliedrige Spirale anzusehen sei. Beide müssten aber auf sehr verschiedene Weise aus der Natur der Pflanze hergeleitet werden, und bei der letzten Ansicht würde wieder der Streit der bis jetzt gleichberechtigten Ansichten von *Schimper* und *Bravais* stehen bleiben. Ehe wir aber nicht eine solche Ableitung aus dem Wesen des Pflanzenorganismus wenigstens wahrscheinlich machen können, ist es eben so richtig bei der grossen Menge von Ausnahmen, das häufigere Vorkommen der einen oder der andern Zahl als für die Pflanze im Allgemeinen zufällig anzusehen. Mehr den Anschein einer Gesetzmässigkeit gewinnt dagegen das Vorkommen von 2, 4, 8 bei den Brutzellen, doch fehlt es auch hier an allem und jedem Zusammenhang mit dem Wesen der Pflanzenzelle. Wir werden wohl noch lange warten müssen, ehe uns hier auch nur Andeutungen bestimmter entgegentreten.

Zweites Capitel.

Specielle Morphologie.

§. 78.

Die Grundlage für alle specielle botanische Morphologie ist die Entwickelungsgeschichte, nach ihr müssen wir daher auch unsere allgemeinen Eintheilungen wählen. Jede Pflanze entsteht aus einer Zelle, und der erste Unterschied unter den Zellen, der die Form der Entwickelung bedingen kann, ist der, ob diese Zellen frühzeitig isolirt als selbstständige Zellen auftreten, oder ob sie noch längere Zeit bis zu ihrer spätern Entwickelung nur als Theile des mütterlichen Organismus, als Brutzellen in einer Mutterzelle, verharren. Im letzten Falle sind die Fortpflanzungszellen von einer Mutterzelle (*sporangium*) eingeschlossen, im erstern Falle aber frei in einer Höhlung gewisser Zellgewebsportionen (Sporenfrucht, Antherenfach) enthalten, und danach theile ich die Pflanzen in Verhülltsporige (*angiosporae*) und Nacktsporige (*gymnosporae*). Die nächste Verschiedenheit, die man findet, trifft dann die Art und Weise, wie sich die Spore entwickelt, ob unter Einfluss anderer Zellen der Mutterpflanze oder nicht. Wir finden, dass dieses uns wieder für die *Gymnosporen* einen Eintheilungsgrund an die Hand giebt. Die Fortpflanzungszelle entwickelt sich frei zur neuen Pflanze, Ungeschlechtige (*Pl. agamicae*, diese und die Angiosporen zusammen heissen seit *Linné*

Cryptogamae), oder sie bedarf zur Entwickelung der vorläufigen Umhüllung und des materiellen Einflusses von gewissen Zellen der Mutterpflanze, Geschlechtspflanzen (*Pl. gamicae*). Endlich kann bei diesen letzten noch wieder der Unterschied eintreten, dass sich beide verschiedenartige Zellen oder Zellenmassen von der Mutterpflanze trennen und erst später zusammentreten, Pflanzen ohne bestimmten Vereinigungsort der Geschlechter (*Pl. athalamicae*), oder dass die Fortpflanzungszelle an einem bestimmten Orte der Mutterpflanze aufgenommen wird und sich dort eine Zeitlang entwickelt, ehe sie sich von der Mutterpflanze trennt, Pflanzen mit bestimmtem Vereinigungsort der Geschlechter (*Pl. thalamicae* oder *Phanerogamae*).

Man würde mich sehr missverstehen, wenn man glaubte, ich hätte mir hier willkürlich einen Eintheilungsgrund construirt und danach die Pflanzen geordnet. Ich habe vielmehr die Gruppen durch Vergleichung der ganzen Entwickelungsgeschichte gebildet und dann erst nach einem Merkmale gesucht, um die gefundenen Gruppen zu bezeichnen. — Wenn man ohne alle vorgefasste Ansichten das ganze Pflanzenreich überblickt, so wird man nie umhin können, die Algen, Flechten und Pilze von allen übrigen Pflanzen zu trennen und in eine Gruppe zusammenzustellen. Wie man diese Gruppe wissenschaftlich streng und vollständig charakterisiren wird, wie man sie am zweckmässigsten bezeichne, das kann erst die Zukunft und weit umfassendere Kenntniss aller Pflanzen lehren. Was aber nicht wohl, wie mir scheint, in Abrede zu stellen ist, ist das, dass in dem Gestaltungsprincip der genannten niedern Gruppe und der höheren Pflanzen sich eine wesentliche Verschiedenheit verräth, die anschaulich jedem Betrachter entgegentritt, wenn es auch der Wissenschaft zur Zeit noch sehr schwer werden mag, diese Verschiedenheit zu charakterisiren. Selbst zugegeben, dass bei der Bildung einzelner Seitentheile, z. B. bei den sogenannten Blättern der Florideen, wirklich eine Analogie mit der Blattbildung bei den höhern Pflanzen sich auffinden liesse, so würde das doch immer nur den mangelhaften Stand unseres Wissens bezeichnen, aber niemals die Grenzlinie verwischen, welche die Natur offenbar hier gezogen hat. — Gegen meine Eintheilung hat sich *Nägeli** erklärt und dabei den merkwürdigsten Beweis abgelegt, wie Jemand der einmal ins Dogmatisiren sich verirrt hat, auch bei dem besten Willen sich nur schwer wieder herausarbeitet und selbst nicht einmal im Stande ist, die richtigere Methode bei andern zu verstehen. *Nägeli* hätte sich um so mehr seinen Kampf gegen mein System sparen können, da ich ja ausdrücklich gegen einen solchen Missverstand protestirt habe. Keiner, der nur Sinn für natürliche Auffassung hat, wird es jemals gut heissen, dass man eine Hauptgrenze zwischen Florideen und den andern Algen zieht (wie *Nägeli* thut), so dass die Ersteren nicht ihre allernächsten Verwandten in den Letzteren fänden, und eben nur die Künstelei des Dogmatismus wählt ein Merkmal, einen Theilungsgrund, und trennt danach die Gruppen. Wer die drei niedersten Pflanzengruppen als ein besonderes Reich zwischen Pflanzen und Thieren einschieben wollte, würde meiner Ansicht nach noch immer viel natürlicher classificiren, als wer von diesem Gebiet ein Stück abreisst und den höheren Pflanzen anreiht. Aber kein Theilungsgrund, kein systematisches Princip berechtigt uns zu dieser Trennung, sondern das natürliche Urtheil der Anschauung, wenn ich mich so ausdrücken darf, welches erst von der Wissenschaft seine Rechtfertigung erwartet, der Ausspruch desselben gesunden Sinnes, welcher das Köpfchen der Compositen eine Blume nennt, der wohl seine Selbstverständigung von der Wissenschaft verlangen, aber niemals von ihr verleugnet werden darf. Die Wissenschaft hat hier einmal die Aufgabe, den Tact der anschaulichen Auffassung immer feiner auszubilden, den Sinn für das Wahre und Natürliche immer empfindlicher zu machen, und endlich

---

* *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft V.

dem Ausspruch des Sinnes die wissenschaftliche Begründung durch comparative Entwickelungsgeschichte zu substituiren. Die Hauptgruppen insbesondere nehmen wir ganz aus der Anschauung auf und ihre Bezeichnung kann dann auch immerhin nach verschiedenen Merkmalen geschehen, weil wir den einzig richtigen Theilungsgrund, der aus der Entwickelungsgeschichte zu entnehmen ist, erst sehr allmälig substituiren können. Das Verlangen nach Einheit des Theilungsgrundes ist hier schon ein tadelnswerthes Abweichen von der rein inductiven Methode, die zwar weiss, wohin sie will, aber auch stets sich bewusst bleibt, dass der Weg noch zum grössten Theil unvollendet vor ihr liegt.

Meine vorläufigen Bezeichnungen der beiden Hauptgruppen als Angiosporen und Gymnosporen scheint mir nun auch ungeachtet der *Nägeli*'schen Einwendungen noch vollkommen anwendbar. Es bleibt doch immer bis jetzt noch als Verschiedenheit stehen, dass bei allen Angiosporen die Fortpflanzungszellen bis zu ihrer Trennung von der Mutterpflanze im Parenchym derselben fest eingeschlossen sind und mit demselben ein fortlaufendes Gewebe bilden, während bei allen übrigen Pflanzen die Fortpflanzungszellen vollkommen frei und aus der Continuität des Gewebes der Mutterpflanze gelöst in Höhlungen derselben nur eingeschlossen sind. — Um dieses Merkmal durch die Entwickelungsgeschichte ersetzen zu können, fehlt es bis jetzt noch an genügenden Untersuchungen. So weit ich es übersehe, scheint sich hier folgender Unterschied anzudeuten. Bei den Angiosporen wird die ganze Fortpflanzungszelle zur neuen Pflanze, bei den Gymnosporen dehnt sich die Fortpflanzungszelle in einen längeren oder kürzeren Schlauch aus und nur das eine von der Fortpflanzungszelle vorgeschobene Ende entwickelt sich zur neuen Pflanze, während das andere Ende abstirbt. Dieses Merkmal wird nur verwischt, aber auch zugleich bestätigt durch die Lebermoose, indem diese offenbar den Uebergang in der genannten Beziehung vermitteln. Es fehlen hier aber insbesondere noch die vollständigen Entwickelungsgeschichten der Flechten und der Lycopodiaceen. Derselbe Mangel trifft auch die Eintheilung in Geschlechtslose* und Geschlechtspflanzen. Die Entwickelungsgeschichte würde hier vielleicht die Verschiedenheit in der Entwickelung des Proembryo bei den Erstern finden, indem zwischen der ersten Entwickelung der Fortpflanzungszelle und der wirklichen Entwickelung der vollkommenen Pflanze die Entwickelung einer vergänglichen Uebergangsstufe eingeschoben ist, welche eine gewisse Analogie mit den Bildungen der Angiosporengruppe nicht verkennen lässt. Die weitere Eintheilung der Geschlechtspflanzen ist aber schon ganz von der Entwickelungsgeschichte hergenommen. Die Rhizocarpeen bilden als *athalamicae* eine vortreffliche Vermittelungsstufe zwischen den Agamen und den Phanerogamen. Mit den erstern stimmen sie darin überein, dass die Fortpflanzungszelle sich ohne Unterbrechung zur neuen Pflanze entwickelt**, mit den letzteren, dass diese Entwickelung nicht frei, sondern anfänglich im Innern einer von der Mutterpflanze stammenden Zellenmasse vor sich geht.

Mit den gegebenen aus der Entwickelungsgeschichte hergenommenen Merkmalen treffen andere die innere und äussere Gestalt der ausgebildeteren Pflanze charakterisirende merkwürdig zusammen und sind zum Theil schon früher, wenn auch unklar, aufgefasst worden. Die Angiosporen kann man auch Zellenpflanzen (*Pl. cellulares*) nennen, weil in ihnen keine Andeutung eines in bestimmter Richtung vor sich gehenden Saftstromes durch bestimmt angeordnete langgestreckte Zellen (Gefässbündel) gegeben ist. Ebenso wird ihre äussere Gestalt durch stengellos (*Pl. acaules, Thallophytae, Endl.*) bezeichnet werden können, indem wir bis jetzt noch keinen scharf hervortretenden

* Es versteht sich, dass Geschlecht hier nicht mehr und nicht weniger bedeutet, als angegeben, und dass es zur Zeit wenigstens noch falsch ist, bei diesem Worte den aus dem Thierleben geläufigen Begriff festzuhalten. Es wäre hier ganz besonders zu wünschen, dass man, um allen Missverständnissen vorzubeugen, dieses doppelsinnige Wort „Geschlecht“ „*Sexus*“ ganz verbannte.

** Sie haben keinen Zustand der Saamenreife und des schlummernden Embryolebens.

morphologischen Gegensatz zwischen seitlicher parenchymatischer Ausbreitung (Blätter) und einen diese vereinigenden Körper (Stengel) an ihnen finden. Hiergegen würden die Angiosporen als Gefässbündelpflanzen (*Pl. vasculares*) und als Stengelpflanzen (*Pl. caulinae, Cormophytae, Endl.*) bezeichnet werden. Den Abtheilungen der Gymnosporen würden die Pflanzen mit simultanen und succedanen Gefässbündeln (vergl. §. 26.) und Pflanzen ohne Fortpflanzungsapparat und mit Fortpflanzungsapparat entsprechen, endlich den *athalamicis* und *thalamicis* würden sich vielleicht auch Merkmale von der Natur der Gefässbündel und der Morphologie der Blüthentheile hergenommen an die Seite stellen lassen, aber leider fehlt es uns hier besonders bei den Rhizocarpeen noch an genauen Untersuchungen, um sicher zu gehen. Ueberhaupt kann man nicht oft genug wiederholen, dass alle unsere Eintheilungen vorläufig durchaus mangelhaft sind und bleiben müssen, weil sich eine richtige Anordnung erst aus der vollständigen vergleichenden Kenntniss der Entwickelungsgeschichten ergeben kann, von der wir aber noch unendlich weit entfernt sind. Wir können nur so viel sagen, dass alle Eintheilungsgründe, die von Merkmalen hergenommen sind, die ihrer Natur nach nur einer bestimmten Entwickelungstufe angehören und nicht mit dem Entwickelungsgange selbst im engsten Zusammenhange stehen, entschieden falsch sein müssen oder höchstens zufällig und nicht durch Verdienst der Eintheilenden mit den natürlichen Gruppen übereinstimmen. Dagegen wird alles bleibend sein, was aus einem der Entwickelungsgeschichte angehörigen Merkmale hergenommen wurde. So wird ewig die Scheidewand stehen bleiben, die durch die Eintheilung in Kryptogamen und Phanerogamen begründet ist, wenn auch diese Abtheilungen später nicht als die höchsten anerkannt werden sollten, und neuere Versuche, die Cycadeen bei den Farrenkräutern unterzubringen, beruhen auf einem so gewaltigen Missverstande der vegetabilischen Natur und zugleich auf so mangelhafter, sich nur an Unwesentlichem haltender Untersuchung, dass man sie bald aufgeben wird. Eben so werden für immer Monokotyledonen und Dikotyledonen getrennt bleiben, und man wird auch, nachdem man alle Substitutionen, wie Endogenen und Exogenen, Amphibryen und Acramphibryen, Loxinen und Orthoinen, Exorhizen und Endorhizen u. s. w. wie Modewaaren durchprobirt und wieder weggeworfen hat, doch wieder auf jene alte Eintheilung als die allerrichtigste und zweckmässigste, weil sie das wesentlichste morphologische Moment der Entwickelungsgeschichte angiebt, zurückkommen müssen. Zu bedauern ist nur dabei, dass so viele Zeit und so schöne Kräfte an diese gar nichtsnutzige Spielerei mit Systemen vergeudet wird, die in gründlichen Untersuchungen zur Entwickelungsgeschichte auf wesentliche Förderung der Wissenschaft verwendet werden könnten.

Ich muss hier aber noch Folgendes bemerken. Mit wenigen, sehr wenigen Ausnahmen sind alle unsere Trennungen der Pflanzen in einzelne grössere oder kleinere Gruppen noch so schwankend, dass wir überall fast für nöthig finden, diese oder jene Formen als Uebergänge von einer Gruppe in die andere zu bezeichnen. Um Missverstand zu verhüten, muss aber genauer erörtert werden, was unter Uebergang zu verstehen sei. Man kann eine dreifache Bedeutung unterscheiden.

Einmal den individuellen Uebergang in der Art, dass ein und dasselbe Geschöpf zu einer Zeit seiner Existenz unter einen andern Artbegriff fällt, als zu einer andern. Dass dieser Gedanke durchaus keinen Sinn habe, ist schon früher erwähnt worden. Nichtsdestoweniger ist seine Durchführung häufig versucht worden von Leuten, die dadurch nur ihre mangelhafte philosophische Orientirung und ihre Unklarheit, oder ihre Unwissenheit documentirten. Besonders bei der höchst lückenhaften Kenntniss, die wir bis jetzt noch von den einfachen vegetabilischen Organismen besitzen, kommt es oft vor, dass eine Zeitlang eine vorübergehende Bildungsstufe vorläufig als selbstständige Art aufgestellt wird. Wenn dann später ihre vollständige Entwickelung zu einer andern Art beobachtet wird, so fällt eben jene vorläufig aufgestellte Art als selbstständig ganz weg, und ist so wenig eine Art als Pollenkorn, Saame, oder das Ei bei den Thieren Arten sind. Die Sache ist so einfach und klar, dass man sich wun-

dern muss, wie man nur zu solchen Behauptungen, wie sie *Agardh**, *Hornschuh***, *Meyen**** und Andere vorgebracht, kommen konnte, wenn man nicht wüsste, wie die Schelling'sche sogenannte Naturphilosophie so vielen Leuten weiss gemacht hat, dass in den Spielereien mit Vergleichungen und Analogien irgend etwas Wissenschaftliches liege. Der Proembryo der Moose ist so wenig eine Conferve wie das Pollenkorn von *Zostera marina*. Beides sind ganz unselbstständige Gebilde, die ihre Bedeutung nur erst im Zusammenhang der ganzen Entwickelungsgeschichte gewinnen, und das ganze Gerede von *Agardh* und den Andern erörtert nichts als den ganz trivialen Satz, dass Moose so gut wie alle Pflanzen in ihren verschiedenen Lebensperioden aus verschieden geformten Zellen bestehen.

Die zweite Bedeutung des Ausdrucks »Uebergang« bezeichnet aber wirklich verschiedene Arten, deren einzelne Merkmale in je zwei nächst verwandten Arten sich so ähnlich sind, oder durch den Spielraum individueller Variationen einander so nahe treten, dass wir kein einzelnes Merkmal festhalten können, um sämmtliche Arten in zwei Gruppen zu scheiden, während doch die Extreme eine solche Trennung andeuten oder fördern. Hier muss man zuerst festhalten, dass die Natur unserer wissenschaftlichen Betrachtung kein System überliefert, sondern Einzelwesen, und dass zwischen Einzelwesen nie eine Mittelform denkbar ist, weil das Merkmal der Einzelheit keine Variation zulässt. Die Anordnung in grössere oder kleinere Gruppen, Arten, Geschlechter oder Familien tragen erst wir in die Menge der Einzelwesen hinein. Wir finden grössere Uebereinstimmung unter einer gewissen Zahl von Individuen und stellen diese zusammen, nun erst suchen wir nach einem Ausdruck zur Charakterisirung dieser Gruppe. Hier werden wir natürlich erst dann im Stande sein, den völlig bezeichnenden Ausdruck zu finden, der das Individuum einer Gruppe scharf von dem der folgenden Gruppe abscheidet, wenn wir alle Individuen vollständig nach allen ihren Merkmalen und jedes Merkmal in allen seinen Beziehungen deutlich erkannt haben. So lange diese vollständige Erkenntniss aber noch ein frommer Wunsch ist, begnügen wir uns vorläufig mit irgend einem möglichst zweckmässig gewählten Merkmal, welches aber als das vielleicht nicht ganz richtige auch nicht ganz scharf trennt; so finden sich dann Individuen, über die das vorläufig angenommene Merkmal nicht zu entscheiden im Stande ist, und diese nennen wir Uebergangsformen. Es giebt also Uebergänge nur für unsere Unwissenheit. Nur die unzulängliche Kenntniss der Einzelwesen macht es uns unmöglich, die Grenzen scharf zu ziehen, und wir gewinnen auf diese Weise in dem blossen Vorkommen der Uebergänge ein Kriterium, welches uns die noch grosse Mangelhaftigkeit unserer Kenntnisse an der betreffenden Stelle zeigt und zu weiteren genaueren Forschungen auffordert.

Es bleibt noch eine dritte Bedeutung des Wortes »Uebergang« zu erörtern. Für das Wesen der Pflanze im Allgemeinen haben wir noch keinen Ausdruck gefunden, welcher im zweifelhaften Falle über die vegetabilische oder thierische Natur eines Gegenstandes entscheiden könnte (S. 10 ff.). Wenn wir also von einer sichern Pflanzengruppe auf eine andere übergehen, so müssen wir in beiden gewisse Glieder haben, wodurch beide Gruppen unter dem gemeinschaftlichen Begriff der Pflanze mit einander verbunden werden, damit wir gewiss sind, nicht auf das Gebiet der Thiere hinüber zu gerathen. Dasselbe findet aber überall statt, wo wir innerhalb der Sphäre eines höheren Begriffs zwei oder mehrere, untergeordnete Gruppen mit einander verknüpfen. Hier sind nun die Glieder, deren wir nothwendig bedürfen, um uns zu überzeugen, dass wir die niedern Gruppen richtig als unter dem Begriff der höhern Gruppe verbunden auffassen dürfen, ebenfalls als Uebergänge von einer Gruppe zur andern

---

* Allgemeine Biologie der Pflanzen. A. d. Schwed. von *Creplin*. Greifswald 1832. §. 42.

** *Act. Acad. Leop. Car.* Bd. X.

*** *Rob. Brown's* vermischte Schriften, herausgegeben von *N. v. Esenbeck*, Bd. IV. S. 338. *Linnaea*, Bd. II. Heft 3.

anzusehen, obwohl in ganz anderm Sinne, als eben vorher erörtert worden ist. Ich werde statt Uebergang in der letzten Bedeutung immer nur Vermittelungsstufe gebrauchen, Uebergang aber nur da, wo die Grenze mangelhafter Kenntniss noch nicht scharf gezogen werden kann.

Erster Abschnitt.

Die Angiosporen.

§. 79.

Die Pflanzen entwickeln sich aus einer nackten oder bei den Flechten und Pilzen zuweilen umhüllten und doppelten Zelle zu so mannigfachen und unbestimmten Gestalten, dass kein allgemeines Merkmal für ihre Theile sich angeben lässt. Sie entbehren daher aller Organe. Bei den weniger einfachen sind es nur bestimmte Zellentheile, Zellen oder Zellengruppen, die in einer scharf zu charakterisirenden constanten Form und Anordnung vorzugsweise der Bildung neuer Fortpflanzungszellen dienen und daher als Organ betrachtet werden können. Die einzelne oder mehrfache sich zum neuen Individuum entwickelnde Zelle nenne ich Spore (*spora*), die als Mutterzelle dieselbe bildende und zunächst umhüllende Zelle Sporenhülle (*sporangium*) und mehrere in einer bestimmten Form zusammentretende Sporenhüllen nebst dem dieselben umschliessenden besondern Theile der Pflanze eine Sporenfrucht (*sporocarpium*). Auch nehmen zuweilen einzelne Zellen oder Zellengruppen die Form von Fasern oder Scheibchen an, um die Pflanze an ihre Unterlage zu befestigen (Haftorgane, *rhizinae*). Man hat diese Pflanzen vorläufig in drei Gruppen vertheilt, deren Grenzen noch sehr schwankend sind. Das beste Merkmal st vielleicht vom Standort und der Sporenbildung herzunehmen, so dass man allein im Wasser wachsende (*Pl. aquaticae*) Algen (*Algae*), auf jeder möglichen Unterlage in der Luft wachsende (*Pl. aëreae*) unterscheidet und diese, je nachdem sie ihre Sporen einzeln in einer Ausstülpung der Sporenhülle bilden und mit dieser abwerfen, oder dieselbe zu mehreren in einer später sich öffnenden Sporenhülle entwickeln, als Pilze (*Fungi*) und Flechten (*Lichenes*) bezeichnet.

Dieselbe nichtsnutzige Spielerei mit Fictionen zur Erklärung des einfach an sich Klaren, der man überall in der Botanik begegnet, macht sich von vorn herein schon hier geltend. Dass bei den einfachen Pflanzen die Zellen zu einfachen, noch unbestimmten und veränderlichen Formen zusammentreten, ist den meisten Botanikern nicht geistreich genug gewesen, und man hat deshalb nicht allein von einem Verschmolzensein von Blatt und Stengel gefabelt, sondern auch dadurch Knospenbildung und alles davon Abhängige mit hineingeschwärzt*. Bei den Marchantien, die in einer Pflanzengruppe vorkommen, in denen die Bildung von Stengel und Blatt normal ist, hätte eine solche Rede allenfalls, als Gleichniss wenigstens, noch einigen Sinn. Bei den drei Pflanzengruppen aber, um welche es sich hier handelt, ist es kindische Spielerei mit Worten, von Stengel und Blatt zu reden, wenn man darunter nicht bestimmte Producte der formenbildenden Kraft versteht, und sie als wirklich vorhanden nach-

---

* Im Auslegen seid frisch und munter,
Legt Ihr's nicht aus, so legt was unter.
Goethe.

weist; der Idee nach vorhandene Dinge existiren aber nur in confusen Köpfen und nirgend in der Natur, die nur das in Raum und Zeit Wirkliche umfasst.

Die im Text angegebenen schon von *Link* eingeführten (*Elem. phil. bot. Ed. II.*), aber unklar definirten und immerfort inconsequent gebrauchten Ausdrücke reichen für die Beschreibung der Angiosporen völlig aus, und wir können daneben die ganze weitläufige zum Theil ganz unsinnige Terminologie und den durch Eitelkeit und Neuerungssucht eingeführten Namenwust gänzlich entbehren.

Es ist unendlich schwer, zur Zeit schon die drei genannten Abtheilungen so zu charakterisiren, dass eine feste Entscheidung im einzelnen Falle sogleich zu geben wäre. Ganz unmöglich ist aber bis jetzt diese Entscheidung, wenn wir einzelne Zustände und nicht ganze Entwickelungsreihen vergleichen. Dann sind *Undina* (Alge) und *Collema* (Flechte) — *Sphaeria*, *Sporocybe* (Pilze) und *Verrucaria*, *Calycium* (Flechten) — *Mycoderma* (Pilz?) und *Protococcus* (Alge) durchaus nicht nach Gruppenmerkmalen und selbst generisch kaum zu unterscheiden. Sicherer kann man schon trennen, wenn man ganze Entwickelungsreihen ins Auge fasst, aber auch dann noch bleiben die Grenzen, insbesondere zwischen Algen und Pilzen, wenn letztere im Wasser wachsen, verwischt und zwischen Pilzen und Flechten zeigen sich wenigstens kaum unterzubringende Uebergänge.

Betrachtet man die oft nackten Früchte der Gallertflechten und die Pezizaarten einerseits, die mit vielen Flechten übereinstimmenden Sphärien andererseits, so zeigt sich bald, dass in der Substanz und den Structurverhältnissen kein sehr wesentlicher Unterschied zwischen Flechten und Pilzen festzuhalten ist. Dagegen liesse sich bei genauerer Untersuchung und daraus hervorgehendem Ueberblick vielleicht durch die Form der Sporenentwickelung eine scharfe Trennung begründen, wenn man die Pyrenomyceten und Discomyceten zu den Flechten bringt, was bei den ersten sehr natürlich erscheint und auch bei den letztern so exorbitant gar nicht ist, wenn man z. B. eine Peziza als *Apothecium* mit verschwundenem Thallus (das Mycelium) betrachtet. Für die Flechten wäre dann die Bildung der Sporen innerhalb der Sporenhüllen (*thecae*) charakteristisch. Der leichtern Behandlung wegen werde ich im Folgenden diese Eintheilung annehmen, ohne eben besondern Werth darauf zu legen. Dass die Verschiedenheit von *thallus* (Flechten) und *stroma* (Pilze) (wegen einiger grünen Zellen im ersteren) nicht zur Unterscheidung der beiden Gruppen taugt, scheint mir, müsste Jedem einleuchten, der beide etwas genauer untersucht. Ich möchte behaupten, dass alle Botaniker die meisten Sphärien und Hysterien nur deshalb nicht zu den Flechten stellen, weil ihr Lehrer ihnen gesagt, dass es Pilze sind.

Ich bin nicht im Stande vorläufig die Gruppen anders zu trennen als durch folgende Eintheilung. Die Sporen bilden sich zu 1—4 in der unveränderten Sporenhülle, die Pflanzen leben in tropfbar flüssigem Wasser = Algen; die Sporen bilden sich zu 8—10 in der unveränderten Sporenhülle, die Pflanzen leben in der Luft = Flechten; die Sporen bilden sich nur einzeln in kleinen seitlichen Ausdehnungen der Sporenhülle und schnüren sich mit diesem Stücke ab = Pilze. Algen und Flechten könnte man auch noch dadurch unterscheiden, dass bei den Algen (die Vierlingsfrüchte der Florideen abgerechnet) die Sporangien immer auf der Oberfläche der Pflanze gebildet werden, bei den Flechten dagegen ohne Ausnahme im Innern der Pflanzensubstanz (unter der Rindenschicht) und nur theilweise durch spätere Entwickelung der Pflanze freigelegt werden.

I. Algen (*Algae*).

§. 80.

Die Fortpflanzungszelle (Spore) ist in seltenen Fällen zugleich die ganze Pflanze (*Protococcus etc.*). Gewöhnlicher dehnt sie sich bei ihrer Entwickelung zu einer längern fadenförmigen, oft verästelten Zelle aus (*Vaucheria*), oder bildet auf eine noch unbekannte Weise viele andere Zellen, die sich mannigfach anordnen, und stellt so die Pflanze (*frons Autor.*) dar.

Die einfachsten Formen zeigen geschlängelte (*Undina*) oder gerade, hin und wieder mit Quirlen von Seitenästen besetzte Reihen kugelförmiger Zellen (*Batrachospermum*); bei andern bilden sich die Zellen in längere oder kürzere zu Fäden aneinandergereihte Cylinder um. Diese Fäden bleiben einfach, oder verästeln sich auf mannigfache Weise, selbst zu einem geschlossenen Netze (*Confervaceae*). Gewöhnlich sondern diese Pflanzen eine bestimmt geformte Gallertschicht ab, die bei den Nostochineen die Form der ganzen Pflanze bestimmt, bei den Confervaceen nur einen hautartigen Ueberzug der einzelnen Fäden bildet (Kupfertaf. I. Fig. 7). Die meisten schwimmen frei im Wasser, bei einigen wenigen aber bildet die Spore bei ihrer Entwickelung einen fadenartigen Fortsatz, am Ende in eine kleine Scheibe ausgedehnt, welche sich an irgend einen Körper anheftet (Haftorgane, *rhizinae*), z. B. *Polysperma glomerata*.

Bei noch anderen ordnen sich die aus der Spore sich entwickelnden Zellen zu einer grösseren Fläche an (*Ulvaceae*), die zuweilen an einem Ende zu einer kleinen sich anheftenden Scheibe anschwillt, zuweilen sich als hohler Cylinder darstellt (*Solenia Ag.*).

Endlich bei den complicirtesten Formen bildet der von der Fortpflanzungszelle ausgehende Zellenbildungsprocess aus körperförmig aneinander gelagerten Zellen bestehende Gestalten, diese sind wieder fadenförmig (*Scitosiphon Ag.*), bandförmig (*Laminaria Lam.*), blattförmig (*Delesseria Lam.*) einfach oder auf mannigfache Weise zertheilt, oder abwechselnd in scheinbarer Ordnung fadenförmig und blattförmig entwickelt (*Sargassum*). Meist sind die Pflanzen durch ein scheibenförmiges Haftorgan irgendwo befestigt. Zuweilen zeigen sie an bestimmten Stellen blasenartige Auftreibungen (*Fucus nodosus*) oder gestielte Blasen (*Sargassum*).

Für den Verständigen ist es weder hier noch bei den folgenden Pflanzenabtheilungen hervorzuheben, dass ich nur die allgemeinsten Grundzüge zur Einführung der speciellen Lehren zu geben habe, nicht aber ausführliche Monographieen liefern will, welche weder am Orte wären noch auch zur Zeit, wie mir scheint, möglich sind. So gewaltige Umwälzungen auch im Laufe des letzten Jahrzehends unsere Algenkunde durchgemacht hat, so glaube ich doch, dass auch noch *Nägeli's* neuestes Werk in dieser Sache keineswegs das letzte ist. In gewisser Hinsicht bildet hier *Kützing's Phycologia generalis* eine neue Epoche in der Algenkunde, wenn er auch auf höchst überflüssige Weise die Terminologie abermals verändert und vermehrt, wenn es auch bei ihm überall an genauen Beobachtungen der Entwickelungsgeschichte fehlt, so ist doch hier zum erstenmal der grösste Theil des Materials geordnet und nach einem Einheitsprincip behandelt, wodurch es doch möglich geworden, die einzelnen Beobachtungen auf einander zu beziehen und zu vergleichen. Allerdings darf man hier auch nicht verschweigen, dass es wegen der äussern Verhältnisse nirgend schwieriger ist, als hier, umfassende Beobachtungen über Entwickelungsgeschichte zu machen und dass

daher die Vorwürfe, die man unserer Algenkunde zur Zeit noch machen muss, nur zum Theil durch die einzelnen Forscher selbst veranlasst sind. Zum Theil liegt die Ursache aber auch in der abgeschmackten Methode unserer ganzen Botanik, die sich bisher wesentlich um die Herbarien statt um lebende Pflanzen gedreht hat; daher kommt es denn, dass Forscher des Binnenlandes Algologen werden, am Meere lebende Botaniker kleine trockne Jungermannien aus Java beschreiben und europäische Botaniker sich mehr um Tropenpflanzen bekümmern als um die ihnen zunächst liegenden einheimischen Pflanzen. — Wenn *Nägeli* einen Theil der bisherigen Algen, nämlich die Florideen, ganz von denselben losreissen und zu den Moosen und Lebermoosen stellen will, so kann ich ihm darin aus wohl überlegten Gründen durchaus nicht beistimmen. Wer Algen, darunter Florideen und Lebermoose, gesehen hat und nicht mit dogmatisirendem Witz, sondern mit gesundem Auge sie anschaut, wird nie auf einen solchen Einfall kommen. Nun hat aber *Nägeli* keinen andern Grund für seine seltsame Scheidung einerseits und Verkuppelung andrerseits, als dass er bei ein paar Arten kleine Zellengruppen gefunden hat, welche ihm mit den zarten Zellen in den Antheridien der Lebermoose einige Aehnlichkeit zu haben scheinen und vielleicht wohl einen Spiralfaden enthalten könnten. Dann postulirt er die absolut durch gar nichts erwiesene Function der Antheridien zur Befruchtung der Moossporen auch für alle Florideen und rückt sie deshalb von den Algen weg zu den Lebermoosen. Ich finde darin eine dogmatisirende Spielerei und gänzliche Vernachlässigung der allein richtigen naturwissenschaftlichen Methode, der Induction. — Ein bei weitem gewichtigerer Grund aber, weshalb ich die Florideen als himmelweit von den Moosen und Lebermoosen verschieden ansehen muss, kann erst unten §. 94 erörtert werden. Ich bleibe daher vorläufig dabei die Algen ganz in dem bisherigen Umfange zu nehmen. Zum Ersatz für die ausgeschiedenen Florideen hat *Nägeli* den Algen sämmtliche Flechten zum Geschenk gemacht und dieselben als eine kleine Unterabtheilung mit den Conferven zu einem Kranz für Tritonen verflochten. Ich weiss nicht ob die Versetzung der Florideen oder die der Flechten der gesunden Naturanschauung und somit dem schlichten Menschenverstande mehr ins Gesicht schlägt. Aber mein Freund *Nägeli* ist Hegelianer und hat somit den Standpunkt des gemeinen Menschenverstandes längst überwunden, nur fürchte ich, dass die confusen Abstractionen seiner Schule und die grundfalsche Methode der Speculation einem so scharfen Beobachter auf seiner naturwissenschaftlichen Laufbahn noch manche Verlegenheit bereiten werden. Dass ich eine Peziza mit Collema in eine Klasse vereinige rechtfertigt Anschauung und Entwickelungsgeschichte, dass aber übrigens die von mir gewählten Charaktere der drei Gruppen der Algen, Pilze und Flechten wegen einzelner mir nicht genügend bekannter Glieder vielleicht nicht scharf treffen, das tastet nicht die Richtigkeit der Gruppen an, welche die Natur gemacht hat, sondern nur die Richtigkeit der Definition, die wie alle Definitionen mangelhaft ist und mangelhaft bleiben wird, bis die Menschheit nach Jahrtausenden am Ende aller Wissenschaft ist.

Bis vor wenigen Jahren waren alle unsere Algenkenntnisse höchst mangelhaft und das war nicht anders möglich bei der trostlosen Beschränktheit der Kenntnisse und des Urtheils so vieler Leute die sich mit der Sache beschäftigten. So heisst es in einem bekannten Buche: *Phycomater; Gelatina inorganica (?), effusa, granulis* (doch wohl *cellulis*) *nullis;* oder *Byssi meteorici: Formationes aëreae, vegetatione nulla (?!).* Was das ist, will ich nicht entscheiden, dass es aber kein Pflanzengeschlecht sei, dächte ich, müsste Jedem klar sein, der nur irgend gründlich sich mit der Natur des vegetabilischen Lebens bekannt gemacht. Dass es ein klarer Unsinn sei, etwas zu den Pflanzen zu zählen, was man in der Definition selbst als unorganisch bezeichnet oder dem man den ersten und unerlässlichsten Charakter der Pflanze, die Vegetation, abspricht, leuchtet, wie ich glaube, auch jedem Nichtbotaniker ein. »In der Synonymie herrscht grosse Verwirrung, die sich nur durch Anschauung der Originalexemplare aufklären lässt. Alle bisherigen Abbildun-

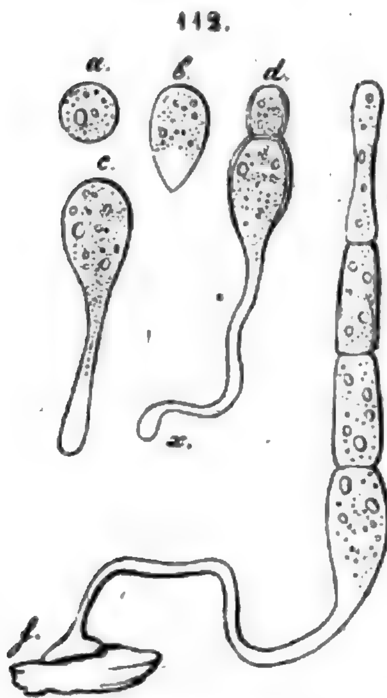
gen lassen die wahre Art nur einigermaassen errathen, weil sie theils nach zu schwachen Vergrösserungen entworfen, theils aber auch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit ausgeführt sind.«* Erklärte doch *Kützing* in seiner *Phycologia generalis* nach dreizehnjährigem fleissigen Studium, es gäbe bis jetzt noch gar keine Arten in der Algenkunde sondern nur Formen.

Ueber die Entwickelungsgeschichte der Algen sind wir noch sehr im Dunkeln. Mir ist von keiner Art eine vollständige Darstellung bekannt**. Von sehr vielen kennt man auch jetzt noch nicht einmal die Sporen; denn wo bei Conferven u. s. w. von einer *Massa sporacea* (Chlorophyll, Stärke u. dgl.) gesprochen wurde, verstanden die Verfasser weder sich selbst, noch die Natur. *Kützing* behauptet zwar die Ausbildung des körnigen Zelleninhalts zu neuen Pflanzen, seine Darstellungen sind weit entfernt Beweis dafür zu sein; die Sache widerspricht auch so sehr aller Analogie im Pflanzenreich, dass man wohl besser thut, vorläufig davon abzusehen. *Vaucher**** sah die junge Conferve bei *Spirogyra* aus der geborstenen Spore hervortreten****. Einige Keimungen der ausgebildeteren Algen sind zwar beobachtet, z. B. von *Martius*†, *Agardh* und *Kützing*, aber ohne Rücksicht auf den wesentlichen Punkt, die Entstehung neuer Zellen. Die von *Meyen*†† so sehr hervorgehobene Selbsttheilung ist, abgesehen von den Diatomeen und andern zweifelhaften Geschöpfen, nicht beobachtet, sondern nur erschlossen. Bei *Hydrodictyon utriculatum* entwickelt sich auf noch unbekannte Weise in einer Zelle eine ganze junge Pflanze†††.

Erst in neuerer Zeit hat *Nägeli* eine Reihe ausgezeichneter Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Algen bekannt gemacht, theils in *Schleiden's* und *Nägeli's* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft I bis IV, theils in seinem Werke: Die neueren Algensysteme und Versuch zur Begründung eines eigenen Systems der Algen und Florideen. Zürich 1847. Ich verweise hierauf für die ausführlicheren Kenntnisse und gebe als für meinen Zweck genügend hier nur ein einzelnes und einfaches Beispiel: Am einfachsten ist der Vorgang bei *Protococcus viridis*. Hier dehnt sich eine kugelige Zelle ein wenig aus, und bald darauf sieht man in derselben zwei junge Zellen, nach und nach verschwindet die Mutterzelle und die jungen Zellen isoliren sich; wie sich aber die jungen Zellen bilden, konnte ich noch nicht beobachten.

Bei *Mougeotia genuflexa* (112) wächst die Sporenzelle an einem Ende in eine Röhre aus, deren Ende kugelig anschwillt, und wenn es eine Unterlage erreicht, sich an dieser zu einer Scheibe abplattet und befestigt (*f*). Aus dem andern Ende der Spore bilden sich Zellen, die sich cylindrisch ausdehnen und fadenförmig an einander reihen.

Ein sehr wilder Wust ist zur Zeit noch die Terminologie



112. *Mougeotia genuflexa.* Entwickelung der Pflanze aus der Spore (*a*) in vier Stufen (*b—e*). Die letzte Stufe zeigt die Befestigung der Pflanze durch eine Haftscheibe (*f*), welche schon durch die kugelige Anschwellung (*x*) bei *d* angedeutet ist.

* *Kützing Phycologia generalis* S. 249.

** *Meyen*, Physiologie Bd. 3. S. 411 hat zwar die Ueberschrift von der Fortpflanzung der Algen, spricht im Text aber fast nur von den *Diatomeae*, zum Theil unzweifelhaften Thieren, und einigen wenigen Conferven. Die wichtigsten, die Fucoiden und Florideen, werden auch nicht einmal genannt.

*** *Histoire des conferves d'eau douce.* Genf 1809.

**** *Meyen*, Physiologie Bd. 3, S. 423 ff. hat nur Vermuthungen.

† *Nov. Act. Leopold. Carol. IX. p.* 217.

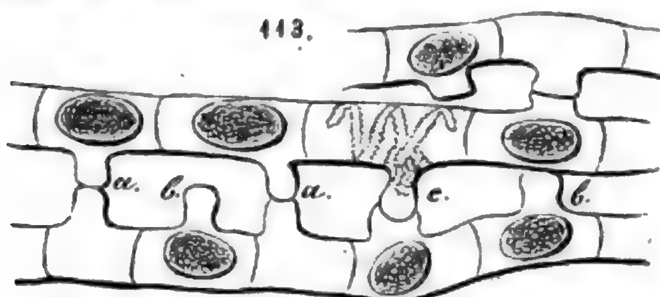
†† Physiologie B. 3. S. 440 ff.

††† *Vaucher, Hist. d. conf.*

der Algenkunde, und da ich hier ohnehin nur soweit einen Ueberblick der Formen geben will, als es zum Verständniss des Ganzen nöthig wird, aber keine Monographie, so kann ich aller der leeren Wörter völlig entrathen. *Kützing*, der diese Wörtermacherei über alle erlaubte Grenzen übertrieben, hat allein etwa 70 Worte für die verschiedenen Formen des Algenstammes.

§. 81.

Bei den einfachsten Algen ist die Pflanze selbst Mutterzelle *(sporangium)* für die Sporen *(Protococcus)*. Bei den fadenförmigen Vaucherien schwillt ein Theil der Zelle kugelig zu einem Sporangium an. Bei den aus mehreren Zellen gebildeten ist es eine einzelne Zelle, welche, zuweilen kugelig anschwellend, das Sporangium bildet *(Oedogonium vesicatum)*. Von den meisten wissen wir noch wenig über die Sporenbildung. Bei den zusammengesetzteren Florideen kommen zweierlei Arten von Sporen auf verschiedenen Individuen vor. Die Einen in grösserer Menge in einer Sporenfrucht eingeschlossen (*Kützing's* Kapselfrucht), die Andern (*Kützing's* Vierlingsfrüchte) zu vier in einer Mutterzelle *(sporangium)*. Die verschiedenen Formen der Früchte sind oft zerstreut, oft gehäuft, oft auf besonders geformten Lappen der Pflanze (*receptaculum*) vereinigt.



Als besondere Merkwürdigkeit wird gewöhnlich die sogenannte Copulation bei *Spirogyra* (113) und einigen andern Conferven aufgeführt. Die Spirogyren bestehen aus fadenförmig aneinander gereihten cylindrischen Zellen. Zu einer bestimmten Zeit dehnt sich die eine Seite jeder Zelle zu einer Papille aus; trifft diese auf eine Papille einer andern Zelle desselben oder eines andern Fadens, so vereinigt sie sich mit derselben, die Scheidewand wird resorbirt und der Inhalt einer Zelle tritt in die andere Zelle über und aus der Gesammtmasse bildet sich eine Spore (113, *aa*). Ich beobachtete folgende Fälle, die beweisen, wie unwesentlich im Ganzen dieser Vorgang ist. Zwei Zellen vereinigten sich mit der Papille einer dritten; es entstanden vier Sporen, in jeder der ersten Zellen eine, in der dritten zwei. Drei Zellen vereinigten sich, in dem durch die drei Papillen gebildeten Raume entstand eine Spore. Zwei Zellen vereinigten sich, in der einen entstanden zwei Sporen, in dem Papillenraum eine dritte. Zwei Zellen vereinigten sich, aber in jeder bildete sich eine Spore (113, *c*). Eine Zelle trieb eine Papille, die nicht mit einer andern sich verband, doch bildete sich eine Spore in ihr (ein sehr häufiger Fall) (113, *bb*). Endlich kommt es, wiewohl selten, vor, dass sich eine Spore bildet, ohne dass die Zelle auch nur eine Papille getrieben hätte. *Nägeli* behauptet, dass bei den Vierlingsfrüchten die Mutterzelle später resorbirt wird, während *Decaisne* * bestimmt das Gegentheil versichert. Indess gesteht *Nägeli* ** selbst, dass er den grössten Theil

113. *Zygnema quinimum*. Erscheinungen der sogenannten Copulation. Bei *aa* ist die Verbindung bewerkstelligt und der Inhalt, aus einem Faden in den anderen übergetreten, hat eine Spore gebildet. Bei *bb* sind die Fortsätze getrieben, ohne sich mit einer andern Zelle verbinden zu können, gleichwohl ist eine Spore gebildet. Bei *c* ist eine Spore gebildet, ein Fortsatz entstanden, der sich mit einer benachbarten Zelle verbunden hat, in welcher der Inhalt anfängt sich ebenfalls zu einer Spore zusammenzuballen.

* *Archives du Mus. d'hist. nat. T.* 2. *Plantes de l'Arabie heureuse pag.* 112.

** Die neueren Algensysteme S. 189.

der Entwickelungsgeschichte der Vierlingsfrüchte nur nach Analogie mit der Pollenbildung erschlossen habe.

Gewiss verdienen vor Allen die Algen die gründlichsten Untersuchungen, weil wir bei der Einfachheit ihres Baues und ihres Lebens von ihnen die grössten Aufschlüsse für die Wissenschaft überhaupt erwarten dürfen. Dabei müssen aber vorläufig, wenn nicht Alles verwirrt werden soll, die Diatomeen und meiner Ansicht nach die ebenso zweifelhaften ächten Oscillatorien völlig ausgeschlossen bleiben.

§. 82.

Die Algen bestehen sämmtlich aus sehr wenig entwickelten Zellen, welche meist noch gallertartige Wände haben; bei den Fucoideen und Florideen zeigen sich im Innern länger gestreckte oder weitere Zellen, die durch deutliche Porencanäle die Gegenwart von Verdickungsschichten andeuten, so dass nicht selten das Lumen der Zelle höchst zierlich verästelt erscheint. Diese Zellen sind oft aufs regelmässigste angeordnet. Besonders entwickelt ist bei den meisten Algen der zarte schleimige Ueberzug der innern Fläche der Zellenwand und in ihm finden häufig Bewegungen zarter Saftströmchen statt, so namentlich bei den *Spirogyra*-arten. Das Chlorophyll kommt oft als Ueberzug der Zellenwand vor, zuweilen in spiraligen Bändern mit gezackten Rändern, der körnige Inhalt der Zellen (Stärke) ist gewöhnlich sehr grobkörnig. Bei den zusammengesetzteren Arten kann man kleineres dichtergedrängtes Zellgewebe als Rinde (*cortex*) vom grosszelligern lockerern als Mark (*medulla*) unterscheiden. Die Blasen enthalten sehr lockeres schwammförmiges Zellgewebe. Alle Algen haben eine bald deutlicher bald weniger deutlich hervortretende Absonderungsschicht einer gelatinösen formlosen Substanz auf ihrer ganzen Oberfläche.

Der Bau der Algen ist im Ganzen sehr einfach, wenn man nicht die zweifelhaften Diatomeen u. s. w. mit ihren Kieselpanzern hierher zieht, was, wie oben entwickelt, durchaus unpassend ist. Ich gebe hierbei (Kupfertafel I. Fig. 1 bis 6) eine genaue Darstellung des Kieselpanzers von *Navicula viridis*, einer der gemeinsten Diatomeen, von der mir bis jetzt keine so genaue und überhaupt keine richtige Darstellung bekannt ist. So viel geht daraus hervor, dass dieser künstliche Bau ganz ohne alle Analogie in der Pflanzenwelt dasteht* und aus den bis jetzt bekannten Vegetationsgesetzen durchaus nicht abgeleitet werden kann. Eine der auffallendsten Erscheinungen ist die Ablagerung des Chlorophylls in spiralige am Rande gezackte Bänder in den *Spirogyra*-arten. *Nägeli* (die neueren Algensysteme S. 151) hat nachgewiesen, dass hier zuerst das Chlorophyll in einer gleichförmigen Schicht die ganze Zellenwand bedeckt und erst durch Ausdehnung der Zelle in die spiraligen Bänder auseinander gezogen wird. Die Bildung der Absonderungsschicht auf der Oberfläche der Algen scheint grosses Licht auf die Natur der *Cuticula* bei den höheren Pflanzen zu werfen. Durch die ganz gallertartige *Cuticula* bei *Cabomba aquatica* schliesst sie sich genau an diese an. Durch die Beobachtungen von *Kützing*** ist aber nachgewiesen, dass bei den Algen diese Schicht sicher eine Absonderungssubstanz ist, da sie sich bei Verletzungen durch flüssig hervortretenden Schleim, der allmälig erhärtet, wieder ersetzt. Ebenso ist auf der andern Seite die Auskleidung der lebhaft vegetirenden Zelle mit einer halbflüssigen oft in Strömchen circulirenden Schicht stickstoffhaltiger Substanz (von *Kützing* in jeder Beziehung unpassend Amylidzelle genannt) bei den Algen ausnehmend deutlich. (Man vergl. über dieses alles die Kupfertafel I. Fig. 7 mit der Erklärung.)

* *Meyen* geht darüber als etwas Gewöhnliches hinweg, weil auch sonst bei Pflanzen Kieselerde vorkomme; er übersieht aber ganz den wesentlichen Unterschied.

** *Phycologia generalis* S. 87.

II. Pilze (*Fungi*).

§. 83.

Die Spore dehnt sich nach mehreren Seiten zu einem meist flockigen, aus fadenförmigen meist sehr vergänglichen Zellen bestehenden Geflecht (*mycelium, stroma, flocci, thallus*), der eigentlichen Pflanze, aus, welche durchaus keine andern Organe, als die Fortpflanzungsorgane unterscheiden lässt. Bei der Vergänglichkeit dieses Theils pflegt man gewöhnlich die auffallenderen und oft dauerhafteren Fortpflanzungsorgane für die ganze Pflanze anzusprechen.

Ein Pilz besteht, wie ich glaube, nur sehr selten allein aus rundlichen Zellen. Denn die ächten *Uredines* u. s. w. (*Coniomycetes*, Staubpilze) kann ich nicht für selbstständige Pflanzen halten. *Meyen* beobachtete die Bildung von *Uredo Maidis** als abnormen Zellenbildungsprocess im Innern der Zellen der Mutterpflanze und damit stimmen meine Beobachtungen an *Elymus arenarius* vollkommen überein; dagegen scheinen mir die Angaben von *Leveillé*** wenig geeignet, den Untersuchungen von *Meyen* entgegengestellt zu werden, da sie offenbar viel oberflächlicher und fragmentarischer sind. — Eine geläuterte Pilzkunde wird sicher zu der allgemeinen Ansicht kommen, dass alle Pilze aus einzelnen fadenförmigen auf gleiche Weise sporenbildenden Zellen bestehen und dass die Abtheilungen nach Gruppen, Geschlechter und Arten auf der Modification des Sporenbildungsprocesses, auf der Aggregation der einzelnen Pilzzellen zu complicirteren Pflanzen und auf den Typen der Formen dieser zusammengesetzten Pilze beruhen. — Dieselbe Unselbstständigkeit als Pflanzenarten muss ich für viele andere (*Caeoma, Puccinia etc.*) behaupten, die nur als Krankheiten der Pflanzen angesehen werden dürfen. Dagegen halte ich die in den Intercellulargängen gebildeten, aus den Spaltöffnungen hervorwachsenden Pilze für wirkliche schmarotzende Pflanzen (*epiphytae*). Die ganze Tribus der *Leptomiteae Ag.* dagegen gehört nicht als selbstständige Gebilde zu den Algen, sondern als im Wasser keimende Schimmelarten zu den Pilzen ***. Die Confusion bei diesen unvollkommensten Pflanzen war bis auf die neueste Zeit über alle Beschreibung gross und wird auch so bald nicht aufhören, da nur so wenig achtungswerthe Botaniker wie *Leveillé, Montagne, Berkeley* sich einem allgemeinen Studium dieser Gruppe zugewendet haben und trotz der besten Untersuchungen der alte Quark in systematischen Werken ewig wiedergekäut wird. Die Systematiker gleichen den französischen Emigranten, sie vergessen nichts und lernen nichts ****.

Wir wissen im Ganzen von der Entwickelungsgeschichte der Pilze noch wenig. Genau so, dass man die Entstehung der neuen Zellen aus der Spore beobachtet hätte, haben wir noch von keiner einzigen Art eine Darstellung erhalten. Einen sehr schönen Anfang zu genauen Untersuchungen der Entwickelungssgeschichte hat in neuerer Zeit *J. Schmitz* gemacht (Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Schwämme *Linnaea* 1843. S. 417 ff.).

Wohl sind uns über einige interessantere Arten in neuerer Zeit viele ausführliche Untersuchungen geworden, denen aber noch durchaus in botanischer Hinsicht die Vollendung fehlt, die allein erreicht werden kann, wenn wir die Entstehung der einzelnen Zelle vollständig erkannt haben. Ich erwähne hier insbesondere:

---

* *Wiegmann's* Archiv, Jahrg. 1837, Bd. I, S. 419 ff.

** *Annales des sc. n. Ser. II. T. XI. pag.* 5.

*** Vergl. u. A. *Meyen* in *Wiegmann's* Archiv 1838, Bd. 2, S. 100 ff. und *Montagne* Skizzen zur Organogr. und Physiol. der Schwämme. Prag 1844, p. 15.

**** So finden sich in *Kützing's phycolog. gen.* wieder sämmtliche *Leptomitus* und *Hygrocrocis*-arten als Algen aufgenommen.

1. Das Mutterkorn (*Sphacelia segetum*), worüber *Meyen* (*Müller's* Archiv 1838, S. 357), *Leveillé* (*Ann. des scienc. nat.* 1837 *Dec.*), *Phoebus* (Beschreibung der deutschen Giftgewächse, Abtheilung 2, S. 97 ff.), *Fée* (*Flora* 1839, S. 293), *Spiering* (*De secali cornuto. Diss. inaug. Berlin* 1839), *J. Queckett* (*Ann. of nat. history* 1839, *p.* 54) Bemerkungen mittheilten.

2. Die Muscardine (*calcino, Botrytis Bassiana*), ein auf Seidenraupen wachsender Pilz, von *Bassi* (*Wiegmann's* Archiv 1837, Bd. 2, S. 107), *Balsamo Crivelli* (*Linnaea* 1836, S. 609), *Audouin* und *Montagne* (*Compte rendu de l'acad.* 1838, S. 86 ff.) näher beobachtet.

§. 84.

Die Entwickelung der Fortpflanzungsorgane ist sehr verschieden, bei den wenigsten noch vollständig beobachtet.

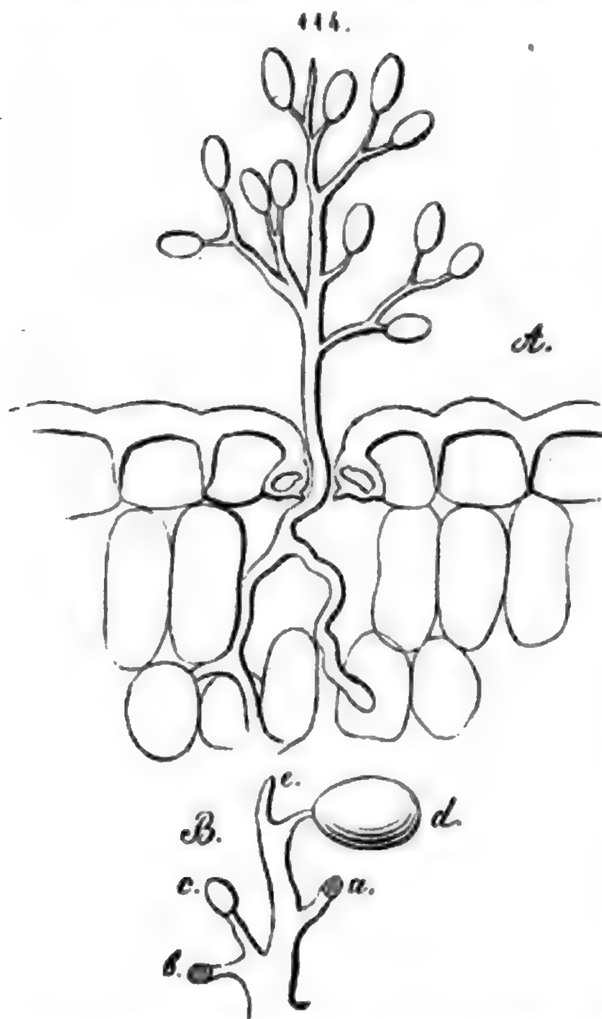
Die einfachsten (Hyphomyceten, Fadenpilze) bilden am Ende der fadenförmigen Zellen schmälere Fortsätze, in deren jedem sich eine Spore (*spora*) entwickelt, die sich zuletzt abschnürt und also eine doppelte Haut hat, die Sporenzelle selbst und den aus der Mutterzelle entstandenen Ueberzug (*sporangium*), z. B. *Penicillium*, *Botrytis*. Bei andern bilden die fadenförmigen Zellen eine kugelige Anschwellung am Ende, aus welchem eine grosse Anzahl solcher Fortsätze, in deren jedem sich eine Spore bildet, hervortreten, das Ganze bildet dann eine zertheilte Sporenhülle (*sporangium*) z. B. *Mucor*, *Penicillium* (?).

Bei Andern (Gasteromyceten, Bauchpilze) treten die fadenförmigen Zellen zu gestielten oder ungestielten, sehr verschiedenartig gestalteten Sporenfrüchten zusammen, in oder an denen sich Sporen finden, von deren Entwickelung wir nichts wissen. Nach dem Ausstreuen der Sporen bleiben dann die fadenförmigen Zellen oft als zarte Wolle (bei den *Trichiaceae*) oder als zierliches Netzwerk (*capillitium*), z. B. bei *Stemonitis*, *Cribraria*, zurück und die äussere gewöhnlich aus verfilzten Fadenzellen gebildete Hülle (*Uterus, Peridium*) wird aufgelöst oder springt auf verschiedene Weise regelmässig auf, z. B. bei *Arcyria*, *Geastrum*.

Bei den höchst entwickelten Pilzen (Hymenomyceten, Hautpilze) treten längliche, schlauchartige Zellen (wahrscheinlich nur die Enden der zur Sporenfrucht verfilzten fadenförmigen Pilzzellen oder doch von den Enden dieser Zellen gebildete Zellen) durch seitliches Aneinanderlegen zu einer Membran zusammen (*hymenium*). Von den Zellen dieser Membran vergrössern sich einige bedeutend (*sporangia*) und treiben an ihrem freien Ende eine bis sechs Spitzen hervor, in deren jeder eine Spore gebildet wird. Die fadenförmigen Zellen des Pilzes bilden dann entweder rings geschlossene rundliche Massen (Sporenfrüchte) mit Höhlungen im Innern, deren Wände mit dem Hymenium überzogen sind, oder sie bilden bestimmt geordnete Säulchen (bei *Merisma*), Röhren (bei *Polyporus*) oder Lamellen (bei *Daedalea*, *Agaricus*), welche vom Hymenium bekleidet werden (die *Hymenomycetes*). Von den letzten kennen wir nur die Entwickelungsgeschichte der Hautpilze etwas genauer und zwar insbesondere der Agaricineen. Bei diesen letzteren bilden sich an bestimmten Stellen des flockigen Myceliums kleine hohle Knöpfchen (*volva*), in dem Grunde der Höhle wächst ein kleiner Körper hervor, unten kurz gestielt, nach oben kugelig angeschwollen. In dem untern Theil der Anschwellung bildet sich eine horizontal-kreisförmige Höhle, an deren Decke die das Hymenium tragenden Röhren, Lamellen u. s. w. befestigt sind. Den Boden der Höhle bildet nur eine Haut (*indusium*), welche bei weiterer Entwickelung vom Stiel abreisst, oder vom Stiel (*stipes*)

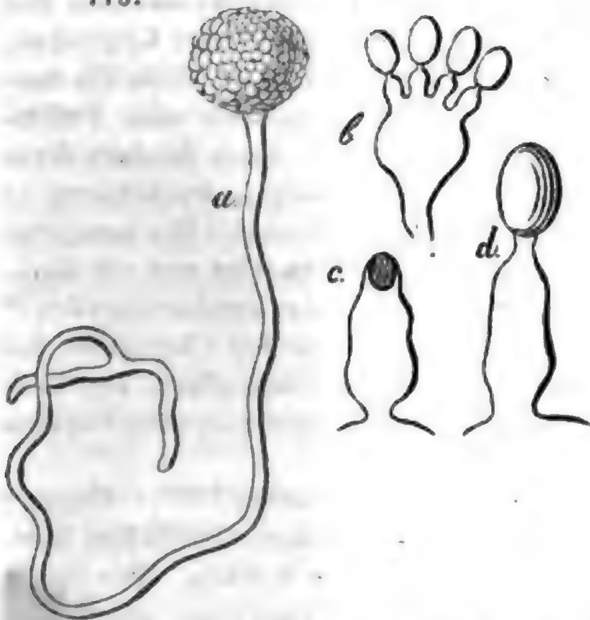
und obern Theil zugleich sich lösend als ein häutiger Ring (*annulus*) am Stiel zurückbleibt. Der obere Theil, der auf seiner untern Fläche das Hymenium trägt, breitet sich später aus und erscheint schirmähnlich als Hut (*pileus*). Das Ganze durchbricht dabei die *volva*, die meist schnell aufgelöst wird.

So ziemlich alle früheren Werke über die niederen Pilze sind völlig unbrauchbar und können dreist bei Seite geworfen werden, indem die ganze Arbeit von vorn begonnen werden muss. Hier ist mit allen Untersuchungen gar nichts genügt, wenn sie nicht die Zusammensetzung der Formen aus den einzelnen Zellen nachweist. Selbst mit Hülfe der Abbildungen (z. B. bei *Nees von Esenbeck*, System der Pilze und Schwämme) erfährt man nicht, ob man einzelne Zellen oder aus solchen zusammengesetzte Gebilde vor sich hat, und darauf kommt hier Alles an. Ich muss gestehen, dass mir ganz unmöglich ist, nach den gewöhnlichen Beschreibungen einen niedern Pilz zu bestimmen, denn ich verstehe sie nicht, da sie das, was die Natur zeigt, nicht ausdrücken. Selbst die Abbildungen helfen hier nur selten. Dazu kommt, dass bei gar vielen der specifische Unterschied gewiss nicht in der Pflanze, sondern in den Beobachtern, ihren Instrumenten und den gebrauchten Vergrösserungen liegt. Meine eignen beschränkten Untersuchungen geben Folgendes: Auf *Allium fistulosum* findet sich an gelbwerdenden Blättern (an sogenannten befallenen Pflanzen) ein kleiner Epiphyt (*Botrytis?*), (114) der aus einer einzelnen, vielfach verästelten Zelle besteht. Er keimt in den Intercellulargängen und wächst als Stämmchen aus den Spaltöffnungen hervor, ausserhalb sich baumartig verästelnd; ich beobachtete ihn in allen Entwickelungsstufen von der Keimung an. In den Spitzen der Aeste deutlich von der Membran derselben umschlossen zeigt sich eine kleine Zelle, die allmälig bedeutend anschwillt und sich dann mit dem Ueberzug, der ihr von der Mutterzelle zukommt, von dem Aste abschnürt. Das ist die Bildung der Spore. Bei *Penicillium* scheint nach *Meyen's* Abbildungen* derselbe Process stattzufinden. Auf feuchten Leinen fand ich einen farblosen Schimmel (*Mucor?*) (115), aus einer (selten aus mehreren) cylindrischen Zellen bestehend, die vielfach auf der Fläche verästelt waren, ein Ast erhob sich, sein Ende schwoll kugelig an und aus ihm hervor traten nach allen Seiten kleine birnförmige Fortsätze. Deutlich innerhalb derselben und zwar in ihrer Spitze bildete sich ebenfalls je eine einzelne Zelle, die allmälig anschwellend sich von dem Träger abschnürte. Auf absterbenden Blättern von *Passiflora alata* fand ich einen fast pechschwarzen Schimmel, der aus einem einfachen Faden unten kürzerer und dickerer, oben längerer und schmälerer Zellen bestand, deren

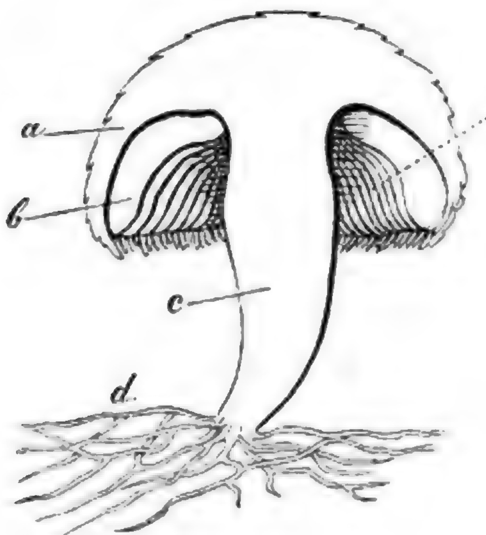


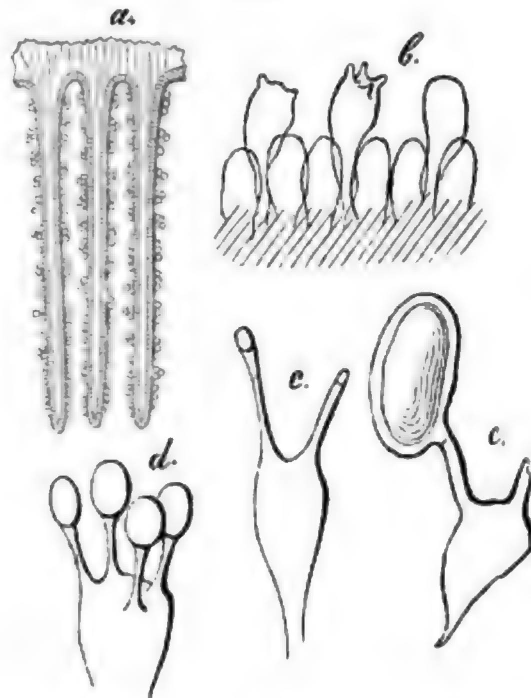
114. *Botrytis* (*parasitica?*) *A* Hervorgewachsen aus der Spaltöffnung eines Blattes von *Allium fistulosum*. Letzteres im Querschnitt. *B* ein Theil des Pilzes mit Sporen in den verschiedenen Entwickelungszuständen (*a—d*) und einem sterilen Aste (*e*).

* Pflanzenphysiologie Bd. 3, Taf. X. Fig. 22 und 20, 21.



oberste, kugelig angeschwollen, ganz denselben Process der Sporenbildung verfolgen liess. Auf absterbenden Stengeln derselben Pflanze fand ich einen andern weisslichgrauen Schimmel, der aus unten kürzern und dickern, oben längern und dünnern Zellen zu verästelten Fäden zusammengesetzt war. Die 2—3 letzten Glieder des Stammes und der Aeste enthielten eine trübe, schleimig-granulöse Flüssigkeit, die zuweilen sehr kleine, aber scharf gezeichnete Kügelchen oder Scheibchen (Cytoblasten?) einschloss. An die Wände der Zelle angedrückt, zeigten sich häufig ganz zarte kleine Zellen. Ueber diesen war oft die Wand der Zelle etwas nach Aussen gewölbt. Von diesem Zustande bis zu einer längern warzenförmigen Hervorragung der Wand, in deren Spitze frei eine junge Zelle lag, und wiederum von diesem Zustande bis zu einer reifen, durch einen kurzen Stiel mit der Zellenwand verbundenen Spore fanden sich alle möglichen Uebergangsstufen. (Vergl. Kupfertafel I. Fig. 8.) Bei beiden hier beschriebenen Schimmelarten war die unterste Zelle kurz, fast tonnenförmig und unmittelbar auf die noch deutlich erkennbaren, zwar abgestorbenen, aber sonst unverletzten Zellen der Epidermis der Pflanze aufgesetzt, ohne irgend eine Spur von Haftscheiben oder Haftfasern. An dem Hymenium von *Agaricus campestris* (116, 117), *oreades* und *Ammanita muscaria* beobachtete ich ebenfalls ganz voll-





115. *Mucor* (*sphaerocephalus?*) *a* Die ganze Pflanze. *b* Das Köpfchen (Sporenhülle) im Längsschnitt, der grösste Theil der Fortsätze mit den Sporen ist in der Zeichnung weggelassen. *c* Früherer Zustand eines solchen Fortsatzes mit der entstehenden Spore. *d* Fortsatz mit der reifen Spore.

116. *Agaricus campestris* im Längsschnitt. *a* Substanz des Hutes. *b* Die mit dem Hymenium überzogenen Lamellen. *c* Der Stiel des Hutes. *d* die eigentliche Pflanze (*mycelium*). Die punktirte Linie bezeichnet die Richtung des Schnittes 117. *a*.

117. *a* Schnitt durch die Lamellen des Hutes von *Agaricus campestris* (s. 116). Die Lamellen sind mit dem Hymenium überzogen und auf diesem erscheinen die Sporen. *b* Ein Theil des

ständig das Hervortreten der Fortsätze aus den grossen Zellen des Hymeniums und das Entstehen der Sporen innerhalb der Spitze dieser Fortsätze als kleiner Kügelchen. Aus dieser Darstellung verglichen mit dem Folgenden geht klar hervor, dass die äussere Haut der Pilzsporen nicht mit der äusseren Haut der Moossporen oder Pollenkörner zu vergleichen ist, sondern eine Sporenhülle darstellt. Auch hindert diese Haut die Spore beim Keimen nicht an einer ganz unregelmässigen Ausdehnung in mehrere fadenförmige Fortsätze und zwar an ganz beliebigen Stellen. Die beschriebene Entwickelung des Hutes der Hutpilze ist zur Genüge beobachtet und oft abgebildet*. Von der Entwickelung aller übrigen Pilze mit Ausnahme der schmarotzenden** wissen wir geradezu gar nichts. Auch bei den Pilzen kommt eine der Copulation bei *Spirogyra* sehr ähnliche Form der Sporenbildung vor, mit dem Unterschied, dass sich hier die Spore ganz regelmässig in der Mitte der aus beiden verschmolzenen Papillen entstandenen Röhre bildet***.

In neuerer Zeit ist viel von den Antheren der Pilze geredet worden****. *Meyen* † hat sogar Aecidiumantheren entdeckt. Was von der ganz unwissenschaftlichen Spielerei mit dem Wort Anthere zu halten, wird unten noch erörtert werden. Die Sache ist bei den Hymenomyceten folgende. Es finden sich auf dem Hymenium ausser den sporentragenden Zellen zwischen den sterilen Zellen einzelne hervorragende, weitere Schläuche mit einer trüben, schleimigen Flüssigkeit erfüllt (*cystides*, *Leveillé; utricles*, *Berkeley; paraphyses*, *Autor.*). Das ist Alles, was wir bis jetzt von der Sache wissen. *Klotsch* will bemerkt haben, dass die mit diesen Schläuchen in Berührung gekommenen Sporen sicherer keimen als die, von denen er dasselbe nicht gewiss wusste ††. Bis jetzt ist das noch eine ziemlich vage Vermuthung, beweist aber nichts für die Antherennatur. Die Aecidiumantheren betreffend, ein schon von *Unger* beschriebenes Exanthem, welches häufig mit den Aecidienausschlag zusammentrifft, meint *Meyen*, dass genauere Untersuchung dieser Bildung, sowie die räumlichen und zeitlichen Verhältnisse ihn zwängen, dieselbe für männliche Aecidiumpflanzen zu halten, obwohl sich durch die Beobachtung nachweissen lasse, dass von einer wirklichen Befruchtung hier keine Rede sein könne. Antheren müssen wirklich zur fixen Idee bei *Meyen* geworden sein, wenn er trotz dem diese Gebilde für Antheren erklärt. In den Thatsachen liegt nicht allein kein zwingendes Moment, sondern auch nicht einmal die Andeutung der Möglichkeit, dass *Aecidiolum exanthematum Ung.*, welches sich stets früher, häufig auf Blättern, deren andere Seite später Aecidien bildet, zuweilen aber ohne solche Nachfolge entwickelt, in irgend einer andern organischen Beziehung zu Aecidien stehe, als beim Menschen *Acne punctata* zur *Acne rosacea*, oder zwei andere oft gleichzeitig vorkommende Hautkrankheiten. Die phantasirenden Mediciner, die Krankheit für einen selbstständigen Organismus erklären, haben nach dieser Analogie noch ein weites Feld, um die Männchen und Weibchen unter den verschiedenen Pocken, Pusteln und Bläschen aufzusuchen.

Hymeniums mit Sporenhüllen in drei verschiedenen Bildungsstufen, die mittlere zeigt schon die 4 Fortsätze. *c* Ein Sporenschlauch etwas weiter ausgebildet, in dem Fortsatz rechts ist eine Spore in der ersten Anlage, links etwas weiter ausgebildet. *d* Zeigt eine Sporenhülle mit vier Fortsätzen und vier halbausgebildeten Sporen. *e* Oberer Theil einer Sporenhülle mit einem Fortsatze und einer völlig ausgebildeten Spore.

---

* Unter andern bei *Bischoff*, Handb. der Botanik Taf. 7. Fig. 163 von *Agaricus volvaceus*.

** Man vergleiche darüber die treffliche Abhandlung von *Unger*: Die Exantheme der Pflanzen. Wien 1833.

*** Vergl. *Ehrenberg* in den Verhandlungen der Ges. naturforschender Freunde in Berlin 1820, Bd. 1. St. 2.

**** Man vergl. *Wiegmann's* Archiv 1839. Bd. 2, S. 51 ff.

† Pflanzenpathologie S. 41 ff.

†† *Dietrich's* Flora des Königr. Preussen. Bd. 6, bei *Agaricus deliquescens*.

§. 85.

Fadenförmige Zellen und das Filzgewebe bilden fast allein die Grundlage der Pilze. Die Natur der Zellen variirt aber von einer leicht zerfliesslichen, und beim Anfühlen fettartigen Weiche bis zur derbsten holzartigen Härte wie beim Feuerschwamm. Spiralige Bildungen scheinen nicht vorzukommen. Einige *Agarici* enthalten einen Milchsaft, der bei *Ag. deliciosus* wenigstens bestimmt in kleinen Gruppen parenchymatischer Zellen enthalten ist.

Die haarförmigen Zellen in der Sporenfrucht von *Trichia* und *Arcyria* erscheinen fast als Spiralfaserzellen, ich glaube mich aber durch noch kürzlich wiederholte Untersuchungen vollkommen überzeugt zu haben, dass es nur flache bandförmige spiralförmig gedrehte Zellen sind. Bei *Agaricus deliciosus* verhält sich der Milchsaft sicher, wie ich es angegeben, doch will man auch wirkliche Milchsaftgefässe in Pilzen gefunden haben, was ich bis jetzt muss dahin gestellt sein lassen. Das Merkwürdigste bei den Pilzen bleibt auf jeden Fall die grosse Verschiedenheit in der Natur der Zellenmembran, die gleichwohl nach *Payen's* Untersuchungen aus gewöhnlichem Membranenstoff besteht. Insbesondere ist bei den *Coprinus*-arten die in wenig Stunden vor sich gehende Zersetzung in eine schwarze, sehr kohlenstoffhaltige Flüssigkeit auffallend. Doch bedürfen wir hier noch vieler genauer Untersuchungen. *Telephora hirsuta* enthält nach *Schmitz* (*Linnaea* 1843, S. 438.) schöne Octaeder-Krystalle (oxalsauren Kalk?).

III. Flechten (*Lichenes*).

§. 86.

Während die Pilze ihre Sporen einzeln in einem fadenförmigen Fortsatz der Mutterzelle bilden und durch Abschnürung trennen, entwickeln die Flechten mehrere Sporen zugleich (ein Vielfaches von zwei) im Inneren einer grösseren Mutterzelle. Hierdurch gewinnt man eine scharfe Grenze zwischen beiden Gruppen.

Viele Kernschwämme (*Pyrenomycetes*) sind ohne vorgefasste Meinung schwer oder gar nicht von sehr vielen Flechten (aus den Gruppen der *Idiothalami* und *Gasterothalami*) zu unterscheiden. In Hinsicht der Entwickelungsgeschichte der Sporen stimmen sie so sehr mit den Flechten überein, dass ich sie wenigstens für meinen Zweck nicht davon trennen konnte. Aber dasselbe gilt auch von den Scheibenpilzen (Discomyceten). Die meisten kleinen Pezizaarten haben durchaus kein Merkmal, wodurch sie von Flechtenapothecien als eine eigne Ordnung zu unterscheiden wären, insbesondere wenn wir die weiche gallertartige Substanz der *Collema*-früchte, die so häufig ohne *thallus* auftreten, damit vergleichen. Ich ziehe also auch diese hier zu den Flechten, indem ich so in der eigenthümlichen und wesentlich verschiedenen Entwickelungsgeschichte ein durchgreifendes Merkmal gewinne, um beide Gruppen scharf auseinander zu halten. Dass *Lichina* (*Ag.*) zu den ächten Flechten gehört, kann nach den schönen Untersuchungen von *Camille Montagne** gar nicht mehr bezweifelt werden.

§. 87.

Die Flechtensporen entwickeln auf noch unbekannte Weise meist rundliche Zellen, die sich auf dem unterliegenden Boden flach ausbreiten (*protothallus*), allmälig bilden sich auf diesem grössere kugelförmige Zellen, die an der obern und

* *Ann. d. sc. nat.* 1841 (*XV*) *Mars p.* 146.

untern Fläche enger vereinigt, an der untern ein wenig vertical gestreckt eine Pflanze (*thallus Aut.*) von krustenartigem Ansehen (*thallus crustaceus*) bilden, deren Umrisse gewöhnlich sehr unregelmäsig und von äusseren Zufälligkeiten abhängig erscheinen.

Bei anderen Formen entwickelt sich zwischen oberer und unterer Schicht das Flechtengewebe, und dann nimmt die Pflanze bestimmtere und selbstständigere, lappige Formen an (*thallus foliaceus*), deren Umrisse im Allgemeinen kreisförmig sind. Oft trennen sich hier von der untern Fläche unregelmässige Bündel von Filzgewebe und dienen als Haftfasern (*rhizinae*). Meistens ist der *Thallus foliaceus* an die Unterlage mehr oder weniger angedrückt, zuweilen nur im Mittelpunkt mit einer kleinen Haftscheibe befestigt (z. B. *Umbilicaria*); zuweilen erhebt er sich frei und erscheint dann in flachen verästelten Formen, die sich aber stets von der folgenden Form durch die Ungleichheit beider Flächen unterscheiden lassen.

Bei den höchsten Formen endlich erhebt sich die Zellenmasse und bildet vielfach verästelte Bänder, oder dickere oder dünnere Fäden (*thallus fruticulosus*).

Von der Entwickelungsgeschichte der Flechten wissen wir noch gar wenig. Bisher haben nur *Meyer** und *Wallroth*** etwas darüber bekannt gemacht, beiden fehlte es eben so sehr an gründlicher, physiologischer Vorbildung, um zu wissen, worauf es ankam, als an brauchbaren Mikroskopen, um irgend etwas zu sehen, was von entschiedenem Werth sein könnte. Was mit blossen Augen zu sehen war, ist besonders von *Meyer* klar und genau wiedergegeben, während *Wallroth* durch eine ebenso überflüssige als ekelhaft barbarische Terminologie sein Werk völlig ungeniessbar gemacht hat.

Die Formenbildung bei den Flechten ist im Ganzen sehr einfach. Da sie von einem Punkte der Spore aus nach allen Seiten fast gleichförmig wachsen und dabei meist an die Unterlage gebunden sind, so ist der runde Umriss, modificirt durch die Unterlage und durch die specifische Lappenbildung, der allgemeinste. Bei einigen und so namentlich bei den von mir hierher gerechneten Kernpilzen und Helvellaceen, aber auch bei vielen ächten Flechten, namentlich den Staublagerflechten (*Caniothalami*) und einigen Säulchenflechten ist die Pflanze so vergänglich, dass man fast nur nackte Sporenfrüchte findet. Bei einigen, z. B. den Graphideen u. s. w. breitet sich ganz ähnlich wie bei den meisten Kernpilzen die Pflanze innerhalb der Pflanzentheile (meist Rinde), die ihr zum Boden dienen, aus, und es treten entweder nur die Sporenfrüchte oder selten später auch die Pflanze nach Zerstörung der Decke an die Luft. Nur bei einem geringen Theile erhebt sich die Pflanze stengelartig frei vom Boden, entweder durch Aufrichtung der Lappen wie bei *Evernia, Borrera etc.*, oder durch eine wirkliche Entwickelungsverschiedenheit, indem sich die Pflanze statt seitlich flächenförmig, aufwärts linienförmig entwickelt, deshalb auch rund umher dieselbe Oberfläche zeigt, wie sonst die obere Seite der niederliegenden Flechte. Das Wort *thallus* für die Pflanze ist völlig überflüssig.

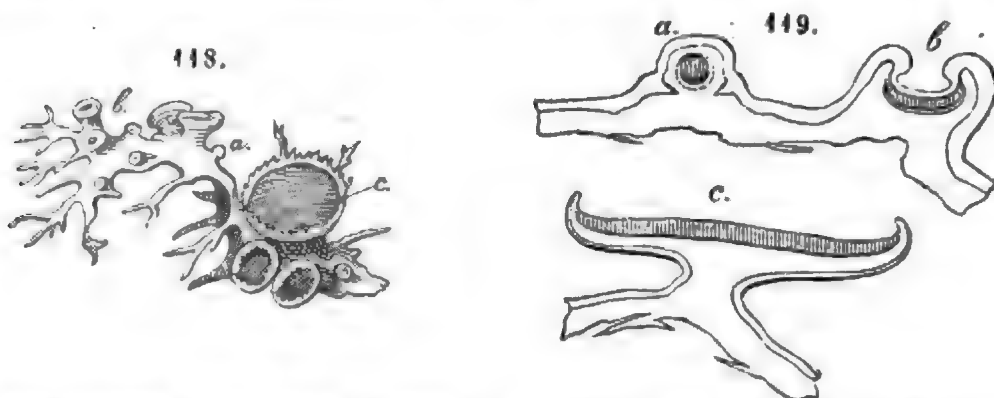
§. 88.

Bei der angenommenen Begrenzung dieser Familie ist die Entwickelung der Spore sehr einförmig. An ganz unbestimmten Stellen in der Substanz der Pflanze bildet sich eine halbkugelige, rinnenförmige, oder mehr oder weniger kugelig oder cylindrisch geschlossene Schicht zartwandiger, dichtgedrängter, rundlicher Zellen,

* Die Entwickelung, Metamorphose und Fortpflanzung der Flechten. Göttingen 1825.
** Naturgeschichte der Flechten. Frankfurt 1825 und 1827.

die zuweilen besonders gefärbt erscheinen, z. B. *Lecidea sanguinea*. Ich will sie das Keimlager (*receptaculum*) nennen (wenn sie um die ausgebildete Sporenfrucht einen Rand bilden, *excipulum proprium* genannt). Auf der innern Fläche derselben befindet sich eine zweite Lage aus dünnen fadenförmigen auf die vorige Schicht senkrecht gestellten Zellen (*paraphyses*, Saftfäden *Aut.*) zusammengesetzt, die Keimschicht (*lamina proligera Aut.*). Zwischen diese letztern wachsen allmälig einzelne weitere, elliptische, zartwandige Zellen hinein (*sporangia*, *thecae*, *asci Aut.*), die sich früh mit einem schleimigen Inhalt füllen. In diesem entwickeln sich Zellenkerne, auf ihnen Zellen, die dann die einfachen Sporen bilden, oder es entwickeln sich in diesen abermals zwei oder mehrere Zellenkerne, darauf Zellen und so bilden sich die Doppelsporen. Während der Sporenbildung tritt die ganze Sporenfrucht allmälig der Oberfläche der Pflanze näher, immer von einer Substanz bedeckt, deren Gewebe schwer zu erkennen ist, aber theils Product der Paraphysen zu sein scheint und oft als schwarze feinkörnige Masse auftritt (so besonders bei den Pyrenomyceten und Pyrenothalamen), theils bei den sich später ausbreitenden Früchten aus einer dünnen früher oder später zerreissenden Lamelle der Rindenschicht des Thallus besteht. In dem geschlossenen Zustand verharrend (als *nucleus*) bildet sie die Frucht der Pyrenomyceten und *Pyrenothalami* (*sporocarpia angiospora nucleo praedita Meyer*). Bei andern bricht sie durch die Oberfläche hervor, breitet sich mehr oder weniger linien-, becher- oder scheibenförmig aus (*apothecium*; *patella*, wenn kreisförmig; *lirella*, wenn linienförmig; *sporocarpia angiospora laminam gerentia Meyer*). Dabei hebt sie zuweilen einen Theil der obern Fläche der Pflanze mit in die Höhe, der dann als Rand erscheint (*margo thallodes*, *excipulum thallodes*), zuweilen wächst dieser Theil noch stärker aus und erhebt die Sporenfrucht auf einem längeren oder kürzeren Stielchen (*podetium*). Bei den meisten Flechten bleiben die Sporangien lange geschlossen, bei einigen reissen sie sehr früh auf und dann liegen die Sporen frei auf der Sporenfrucht (*sporocarpia gymnospora*, *Meyer*, *coniothalami*).

Die Enkwickelungsgeschichte der Flechtenfrucht ist noch sehr lückenhaft. So weit das blosse Auge oder eine mässige Lupe reicht, hat *Meyer* a. a. O. sehr schätzenswerthe Beiträge gegeben, z. B. die vortreffliche Entwickelungsgeschichte der becherförmigen am Rande in neue Früchte oder Becher auswachsenden Früchte der *Cladonia*-arten. Ich habe den Vorgang nach meinen eignen Untersuchungen an *Borrera ciliaris*, *Lecidea sanguinea*, *Sphaerophoron coralloides*, *Calycium trachelinum*, *Parmelia subfusca etc.* geschildert. Als Beispiel gebe ich hier die Entwickelung der Sporenfrucht von *Borrera ciliaris* (118, 119) und auf der Kupfertafel I. Fig. 9. die



118. *Borrera ciliaris* ein Theil einer Pflanze. *a* erster Anfang einer Sporenfrucht. *b* etwas weiter entwickelte, *c* ganz entwickelte Sporenfrucht.

119. Durchschnitt durch die Sporenfrüchte von *Borrera ciliaris* in drei verschiedenen Zu-

Entwickelung der Sporen derselben Pflanze. Die Zellenkerne sind hier stets in einen Ballen gelblichen klaren Protoplasmas eingehüllt und dadurch so verdeckt, dass man sie ohne Anwendung von Reagentien nicht wohl erkennt, weshalb ich auch nicht entscheiden will, ob sie der Theilung des Protoplasma in bestimmte Portionen vorhergehen oder nachfolgen. Nach neueren Untersuchungen finde ich, dass an den Doppelsporen der *Borrera ciliaris* die sich berührenden Zellenwände auffallend verdickt werden und hier beiderseits einen breiten Porencanal bilden. Niemals aber ist hier wie einige behauptet haben die Scheidewand durchbrochen. Gewiss ist, dass bei den Staublagerflechten die Entwickelung durchaus nicht anders vor sich geht, als bei den übrigen Flechten, gewiss, dass die sogenannten Paraphysen früher vorhanden sind, als die Sporangien, und dass diese erst zwischen jene, gleich anfänglich durch ihr Volumen unterschieden, hineinwachsen, also dass jene nicht als abortirte Sporangien angesehen werden können. Gewiss ist endlich, dass in der ganzen Sporenfrucht nichts Anderes vorkommt, als die Paraphysen und die verschiedenen Bildungsstufen des Sporangiums. Was unter den von *Link* (laut einer Nachricht der preuss. Staatszeitung) entdeckten sogenannten Antheren gemeint sei, ist daher beim Mangel genauerer Mittheilung nicht zu entscheiden. Sehr interessant ist insbesondere die Sporenentwickelung bei *Lecidea sanguinea*. Die jungen Sporangien haben eine sehr dicke gelatinöse Wandung, die enge Höhlung ist durch eine darmähnliche Schleimmasse (so erscheint sie bei allen Flechten) angefüllt, in dieser bilden sich acht bis zwölf junge Sporen, von denen aber nur eine, selten zwei sich vollkommen entwickeln. Während der Zeit zeigt sich an der gallertartigen Wandung des Sporangiums, wahrscheinlich durch den Druck des sich ausdehnenden Inhalts gebildet, eine dichtere innere Lamelle, die allmälig nach Aussen gedrängt wird und zuletzt mit der äussern Grenzfläche so zusammenfällt, dass sie allein die reife Spore umschliesst. Die reifende Spore hat ebenfalls eine gelatinöse, schichtenweis verdickte Zellenmembran. Die abortirenden, mehr oder weniger entwickelten Sporen kleben oft an die vollständig entwickelte Spore an und bilden an ihr Hörner, Spitzen oder sonst wunderliche Auswüchse. Einige Flechtensporen haben ganz entschieden eine äussere Hülle von einer erhärteten schleimigen Substanz. Bei *Parmelia parietina* z. B. bildet diese Hülle zwei die beiden Enden der Spore bedeckende, hohle Halbkugeln, die durch ein schmales Streifchen gleicher Substanz (ähnlich den Pollenkörnern von *Pinus*) verbunden sind. Bei *Borrera ciliaris* zeigen die Sporen eine dunkel schwarzgrüne Farbe, von der schwer zu entscheiden ist, ob sie einer ähnlichen Hülle oder dem Zelleninhalt angehört. Wegen der fast allgemeinen Uebereinstimmung in der freilich grösstentheils überflüssigen Terminologie habe ich die gebräuchlichsten Ausdrücke in Parenthese mitgetheilt.

§. 88.

Der anatomische Bau der Flechten ist im Ganzen sehr einfach. Die complicirtesten, z. B. *Borrera ciliaris*, bestehen aus einer dreifachen Schicht. Die Hauptmasse wird von Flechtengewebe gebildet: langen, dünnen, dürren, meist gabelig verästelten und ziemlich locker verfilzten Zellen (Medullarschicht), die sich an der obern Fläche nach Aussen biegen, hier allmälig in kürzere, enger an einander geschlossene, durch viel Intercellularsubstanz eng verbundene und oft als gesondert schwer oder gar nicht zu erkennende Zellen (Corticalschicht) übergehen. An der

ständen *a*, *b*, *c*, die den mit *a*, *b*, *c* in 118 bezeichneten entsprechen. Man unterscheidet Mark und Rindenschicht der Pflanze, an der Sporenfrucht die Schicht von Sporenhüllen bei *a* noch als Kern, bei *b* und *c* als Scheibe; um den Kern bei *a* eine zarte Schicht Bildungszellen, welche bei *b* eine Unterlage unter der Schlauchschicht bildet. Bei *a* ist alles ausserdem noch in Mark und Rindenschicht eingeschlossen, bei *b* bedeckt nur die Rindenschicht noch die Scheibe, bei *c* ist auch diese verschwunden.

Grenze zwischen beiden liegen grössere oder kleinere Gruppen rundlicher Chlorophyll führender Zellen, die meist einen deutlichen Cytoblasten zeigen. Von der Farbe des Chlorophylls, ob gelblich (bei *Parmelia parietina*), bräunlich (bei *P. stygia*), reingrün (bei *Borrera ciliaris*) u. s. w. hängt die Farbe der Pflanze im feuchten Zustande ab, indem dann die Rindenschicht gallertartig durchsichtig ist. Im trockenen Zustande wird die Farbe je nach der Dicke der Rindenschicht mehr oder weniger durch Grau verdeckt. Denkt man sich zwei Flechten von dem oben geschilderten Bau mit der untern Seite zusammengelegt, so erhält man den Bau der bandartigen aufrechten Flechten, z. B. *Cetraria*, von denen die fadenförmigen Usneen und Alectorien nur die schmälsten Formen sind. Die Sporangien sind bei allen Flechten, mit Ausnahme der von den Pilzen hierher gezogenen Pflanzen, aus einer durch Jod blau werdenden Substanz (Stärkemehl?) gebildet. Bei *Cetraria islandica* werden die Zellen und die Intercellularsubstanz der Rindenschicht durch Jod blau gefärbt (Moosstärke). Bei den Flechten mit krustenförmigem Thallus fehlt mehr oder weniger das Flechtengewebe und wird durch wenig gestreckte, meist auf die Unterlage senkrecht gestellte, mehr gallertartige Zellen ersetzt. Bei den Pyrenomyceten findet man dünnwandige, dichtgedrängte polygone Zellen, z. B. *Sphaeria fragiformis*; bei den Helvellaceen ein lockeres, weiches Filzgewebe. Die Gallertflechten endlich bestehen aus geschlängelten Fäden, die aus kugeligen, Chlorophyll führenden Zellen zusammengesetzt in eine weichliche Intercellulargallerte eingesenkt sind, so dass man sie anatomisch von den *Undina*-arten durchaus nicht unterscheiden kann.

Die Flechten bieten wenig Merkwürdiges dar. Von spiraliger Verdickungsschicht ist noch keine Spur entdeckt. Die schichtenweis verdickten Wände der Sporen von *Lecidea sanguinea* geben indess Andeutungen; knotige, unregelmässig in die Höhle hineinragende Verdickungen zeigen die langen Zellen der *Peltidea canina*. Ueber die grünen, runden Zellen haben wir eine besondere Abhandlung von *Körber* *, bei der nur zu bedauern ist, dass der terminologische Wust von *Wallroth* darin aufgenommen und noch vermehrt ist. Besonders ausführlich sind darin die Verhältnisse derselben behandelt, unter denen sich diese Zellen vermehren, etwas verändern, durch die Rindenschicht durchbrechen und dann als Staubhäufchen (*soredia Aut.*) auf der Oberfläche erscheinen, von wo die einzelnen Zellen ausgestreut zu neuen Pflanzen erwachsen. Dies ist keine besondere Eigenheit der Flechten, kein der Knospenbildung der höhern Pflanzen zu parallelisirender Process, sondern einfach ein Beispiel, dass unter begünstigenden Umständen jede lebhaft vegetirende Zelle einer Pflanze zur neuen Pflanze erwachsen kann, wofür im Folgenden noch Beispiele genug vorkommen werden. Wie dort steht auch hier eine solche scharfe Individualisirung der einzelnen Zelle in Widerspruch mit der regelmässigen Organenbildung (Fruchtbildung), in denen eben die Individualität der einzelnen Zelle am meisten beschränkt und zurückgedrängt erscheint. Nach neuern Untersuchungen bin ich fast zu der Ueberzeugung gelangt, dass die ganze sogenannte Rindenschicht nur aus den in horizontaler Richtung verfilzten Enden der langen fadenförmigen Zellen der Marksubstanz besteht, ja dass selbst diese Zellen durch das Keimlager durchgehen und es vielleicht sogar bilden und dann als Paraphysen und mit angeschwollenen Enden als Schläuche erscheinen.

* *De Gonidiis Lichenum. Berlin* 1839.

Anhang.

Charen (*Characeae*).

§. 90.

Die kleine Gruppe der Charen, aus den beiden nur anatomisch zu trennenden Geschlechtern *Chara* und *Nitella* bestehend, ist bis jetzt schwer irgendwo unterzubringen. Vielleicht klären uns spätere Untersuchungen oder Entdeckungen noch über ihre eigentliche Verwandtschaft auf. Unsere jetzige Kenntniss stellt sie auf jeden Fall weit von den Algen, und eben so weit von den Geschlechtspflanzen. Ob sie aber den Gymnosporen oder den Angiosporen angehören, ist zur Zeit noch nicht auszumachen.

Auch hier fehlt es noch durchaus an den nothwendigen Untersuchungen, insbesondere über die Bildungsgeschichte der Spore. Die ganz unerklärlichen, Antheren genannten Organe finden eine obwohl schwache Analogie in den ebenso genannten Gebilden bei Laub- und Lebermoosen. Der Unterschiede sind indess viele und wesentliche und der Bau der Sporenfrucht lässt bis jetzt noch gar keine Analogie festhalten.

§. 91.

Die von anderen Zellen umschlossene Sporenzelle dehnt sich an einer bestimmten Stelle aus, tritt aus ihrer Hülle hervor und entwickelt sich dann nach zwei Seiten, nach unten in einen oder einige fadenförmige Haftfäden, nach oben in einen längeren oder kürzeren Schlauch; aus diesem Ende entwickeln sich neue Zellen, die sich zur Pflanze anordnen. Diese besteht bei *Nitella* aus einzelnen cylindrischen fadenförmig aneinander gereihten Zellen. Da, wo zwei zusammenstossen, bildet sich ein Quirl gleicher, auf gleiche Weise verbundener Zellen (als Seitenäste) und diese tragen, aber nur auf der der Axe zugewendeten Seite, noch kleine oft paarweise gestellte Zellen, die ebenfalls an der Grenze zweier Zellen des Astes angeheftet sind. Ganz dieselbe Anordnung ist bei *Chara*, nur mit dem Unterschied, dass hier um die Zellen der Axe und der Seitenäste, gleichsam wie eine Rinde, eine einfache Lage langgestreckter Zellen spiralig umgelagert ist. In den Zellen der *Nitella* und in den Rindenzellen der *Chara* liegen die Chlorophyllkörnchen in Reihen, die spiralig um die Axe der Zelle laufen.

Der Bau der Charen ist, wie im §. beschrieben, im höchsten Grade einfach. Doch fehlt noch viel, dass wir hier mit Allem im Reinen wären. *Meyen's* Entwickelungsgeschichte der Charenzelle * giebt noch kaum das Alleroberflächlichste, auch wird sich zu einer solchen Untersuchung eine keimende *Nitella* als der einfachste Fall besser, als das Fortsprossen der schon complicirteren *Chara* eignen. Bei einigen Arten zeigen sich statt der in Wirtel gestellten Aeste zuweilen kurze, dicke, ebenfalls in Wirtel stehende Zellen, die mit grossen Stärkemehlkörnern gefüllt sind, aus denen sich unter günstigen Umständen ebenfalls eine neue Pflanze entwickeln soll. Von Knospen kann hier keine Rede sein (vergl. §. 93 am Ende). Da die Pflanzen ganz im Wasser wachsen und daher jede Zelle fast ganz ihr eignes Leben führt, so wächst die Pflanze oben fort, während sie beständig unten abstirbt. An eine Wurzelentwickelung ist daher hier auch nicht zu denken. In den Achseln der Aeste, wo sich noch einige kugelige Zellen befinden, bilden sich aus neu erzeugten Zellen Wiederholungen der ganzen Pflanze (Knospen), und wenn die Pflanze bis zu einer solchen Stelle abgestorben ist,

* Physiologie Bd. 3, S. 339 ff.

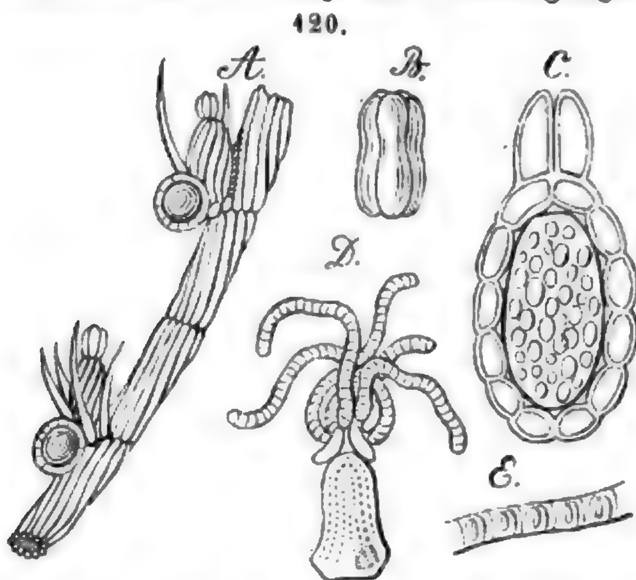
so wächst jede aus einer Knospe hervorgegangene Pflanze auch für sich allein fort. Da sich hier noch nicht Stengel und Blatt unterscheiden lassen, hat das Wort »Knospe« hier natürlich nur die allgemeine angegebene Bedeutung, nicht die bestimmtere, die es erst bei den Gymnosporen gewinnt. Von der Saftbewegung in den Zellen der Charen war schon oben (§. 40) die Rede.

Man vergl. auch die vortreffliche Abhandlung von *Kaulfuss* über das Keimen der Charen, Leipzig 1725 und »zur Entwickelungsgeschichte der Charen von *Karl Müller*« (Botanische Zeitung *v. Mohl* und *v. Schlechtenthal* 1845, Sp. 393 ff.).

§. 92.

An den Seitenästen, meist in der Achsel der erwähnten paarweise gestellten Zellen zeigen sich fünf spiralig um eine trübe Masse gewickelte Zellen, deren parallele Endungen ein fünftheiliges Krönchen bilden. Aus jener trüben Masse bildet sich eine grosse Zelle (Spore), die mit grossen Stärkekörnern, Schleim- und Oeltröpfchen erfüllt ist, und eine anfänglich durchsichtige, später grünlich oder roth, endlich schwarz werdende, die Sporenzelle eng umschliessende Substanz. Die fünf umschliessenden Zellen werden währenddess entweder knorpelig und bleiben dann bis das Ganze nach der Keimung zerstört wird, oder sie werden gallertartig und dann bald nach Abfallen der Sporenfrucht aufgelöst.

Dicht unter dieser Sporenfrucht zeigt sich meist gleichzeitig auf einer kurzen cylindrischen Zelle aufsitzend eine anfangs einfache kugelige Zelle, aus der sich nach und nach acht Zellen (ob immer acht?) entwickeln, die sich abplatten und so einen hohlen Raum umschliessen, der, so wie er entsteht, mit einer trüben grumösen Masse erfüllt erscheint. Die acht Zellen dehnen sich in seitlich aneinander gedrängte Strahlen aus, wodurch der ganze Körper an Umfang und Höhlung wächst, während in ihnen selbst auf der inneren Wand sich allmälig rothe Körnchen ablagern. Jener trübe Inhalt entwickelt sich unter der Zeit auch zu Zellen und zwar so, dass an dem ausgebildeten Organ von der dasselbe tragenden Zelle aus eine kegelförmige Zelle in die Höhle hineinragt und dass von der Mitte jeder der acht Zellen eine cylindrische Zelle ausgeht. Diese neuen Zellen, in denen sich ebenfalls blassröthliche Körnchen zeigen, tragen an ihrem freien Ende einige kugelige oder kurz cylindrische Zellen, von denen mehrere lange Fäden aus kurzen Zellen zusammengesetzt ausgehen. Die kugeligen Zellen und die Fäden bilden im Centrum der Höhle einen dichteren Knäuel. In jeder Zelle der Fäden zeigt sich anfänglich eine grumöse Masse, die später verschwindet und einem Spiralfaden mit zwei bis drei Windungen Platz macht, der aus seiner Zelle ausgetreten eigenthümliche Bewegungen zeigt. Man nennt diese räthselhaften Organe bis jetzt ohne allen Grund Antheren.



Ich gebe hier als Beispiel die Fortpflanzungsorgane von *Chara vulgaris* (120). Ueber die Bildungsgeschichte der Sporen haben wir bis jetzt leider noch keine vollständigen Untersuchungen; an Erklärun-

120. *A* Ein Zweig von *Chara vulgaris* mit Sporenfrüchten und Antheridien, am obern Paar sind zwei von den kleinen Seitenästen weggeschnitten. *B* Jüngste Anlage zur Sporenfrucht, aus

gen und Deutungen ist deshalb hier gar nicht zu denken. Dagegen haben wir über die sogenannten Antheren (Antheridien) schöne Untersuchungen von *Fritsche** erhalten. Doch haben auch diese besonders für die Art und Weise der Zellenentstehung noch wichtige Lücken. Ueber die sich bewegenden Spiralfäden, die man gern, obwohl auch ganz ohne Grund, Spermatozoen nennt, hat *Thuret*** eine Abhandlung geschrieben und hat zwei zartere bewegliche Wimpern an ihnen entdeckt, welche später auch von *Amici* beobachtet sind***.

Zweiter Abschnitt.

Die Gymnosporen.

§. 93.

Die Pflanzen entwickeln sich aus einer gewöhnlich von einer eigenthümlichen Haut umschlossenen Zelle, mit Ausnahme einiger Lebermoose, auf die Weise, dass dieselbe sich in einen längeren oder kürzeren Schlauch ausdehnend mit dem einen Ende an einer bestimmten Stelle aus der Sporenhaut hervortritt, aus welchem Ende sich durch Bildung neuer Zellen allmälig die neue Pflanze gestaltet, während das andere Ende mit der Sporenhaut abstirbt und zerstört wird.

Wenn man ohne vorgefasste Meinungen die Verhältnisse betrachtet, so giebt es keine schlagendere Analogie, als die zwischen dem Keimen der Sporen der kryptogamischen Stengelpflanzen und dem Verhalten des Pollenkorns der Phanerogamen auf der Narbe, wie ja auch die Entwickelungsgeschichte der Sporen und Pollenkörner, sowie ihr Bau fast völlig identisch ist. Mir scheint, dass nur das Kleben an angelernten Vorurtheilen, nicht eine unbefangene Beobachtung der Natur versuchen kann, eine Analogie zwischen Sporocarpium und phanerogamer Frucht, zwischen Spore und Samen festzuhalten. Dass es Leuten, die einmal in solchen ihnen überlieferten Ansichten aufgewachsen und alt geworden sind, schwer werden mag, dieselben aufzugeben und nach neueren Ansichten ihr ganzes gewonnenes Wissen umzuordnen, besonders wo sie nicht selbst die Entdecker der neuen Wahrheit sind, glaube ich gern und habe mir deshalb von vorn herein für meine Theorie der Fortpflanzung bei den Phanerogamen keine Hoffnung auf augenblickliche Anerkennung gemacht. Zum Theil aber mögen auch die Vorurtheile schwinden, wenn die Sache im ganzen Zusammenhange erscheint, denn selbst wenn meine Ansichten nicht auf unmittelbarer Beobachtung beruhten, sondern nur eine Hypothese wären, so müsste man mir zugeben, dass sie eine glücklich ersonnene wäre, weil sie die räthselhafte Trennung zwischen Kryptogamen und Phanerogamen aufhebt, und in einem Punkte, wo eine höhere Einheit gerade am ersten zu erwarten ist, die verschiedenartigsten Thatsachen aus einem statt aus zwei Naturgesetzen erklärt. Die Verminderung der Erklärungsgründe ist aber eine der wichtigsten methodischen Anforderungen einer gesunden Naturphilosophie. Hier genügte es, das allgemeine Resultat vorläufig an die Spitze zu stellen, die specielle Entwickelung muss der Darstellung der einzelnen Gruppen überlassen bleiben.

fünf parallel aneinander liegenden Zellen gebildet. *C* Reife Sporenfrucht im Längsschnitt, die innere Zelle (Spore) ist mit Stärkemehl erfüllt. *D* Ein Theil des Inhaltes der Antheridien. *E* Zelliger Faden mit den beweglichen Spiralfibern darin.

---

* Ueber den Pollen. Petersburg 1837, S. 7 ff.

** *Ann. d. scienc. nat. T. XIV. Août* 1840. *Botanique p.* 65.

*** *Flora*, d. 14. Aug. 1844, Nr. 30. S. 516.

§. 94.

Morphologisch zeigt sich der Hauptgegensatz der Gymnosporen und Angiosporen in der bei jenen auftretenden Bildung von Axe (Stengel, *caulis Auct.*) und Blättern (*folia*), von denen die letzteren meist allmälig absterbend und neu nachgebildet das eigentlich lebendige Parenchym, der erstere nur eine dieselben verbindende und ihre Ernährung vermittelnde wesentlich langgestreckte Zellenmasse enthält, und dass (mit Ausnahme der Moose und Lebermoose) die Blätter ausschliesslich die Bildung der Fortpflanzungszellen, der Sporen oder Pollenkörner, übernehmen.

Das wichtigste ist der hier zuerst auftretende Unterschied von Axe und Blatt. Die Axe der Pflanzen oder ihr Hauptkörper, aus welchem sich die übrigen Theile sämmtlich hervorbilden, besteht bei allen Gymnosporen aus massig (nicht nur linien- oder flächenförmig) aneinander gelagerten Zellen. Dieser Körper besteht entweder an zwei sich entgegengesetzten Enden oder nur an einem Ende aus entwickelungs- und fortpflanzungsfähigen Zellen, und der Pflanzenkörper wächst ins Unendliche fort indem sich die neuentstandenen Zellen theils den älteren anlagern, theils in der äussersten Spitze den Zellenvermehrungsprocess fortsetzen, so dass also die Spitze sets die jüngsten Zellen enthält. Ein kleiner Unterschied findet da statt wo zwei entwickelungsfähige Enden vorhanden sind, von denen das eine die Wurzel, das andere den Stengel in engerer Bedeutung bildet. Hier interessirt uns aber nur der letzte. An der sich fortentwickelnden Spitze des Stengels bleiben nun nicht alle neu entstandene Zellen innerhalb der Begrenzung desselben, sondern es werden bald eine, bald mehrere über die Begrenzungsfläche hervorgeschoben, in der Weise, dass die äusserste Spitze von der zuerst hervorgeschobenen Zelle gebildet wird, also die ältesten Zellen enthält, während der Grund dagegen aus den jüngsten Zellen besteht. Sobald aber die fortwachsende Spitze des Stengels mit seinen bildungsfähigen Zellen von der Entstehungsstelle des so eben beschriebenen Organes zu weit fortgerückt ist, so hört auch das Hervorschieben neuer Zellen aus dem Stengel auf und in dem seitlichen Organ tritt ein eigenthümlicher Zellenvermehrungsprocess auf, aber auch dieser beginnt allemal in der Zelle der äussersten Spitze und hört auch hier zuerst auf, indem er allmälig bis zum Grunde fortschreitet, so dass auch hierdurch die Reihenfolge der Zellen nicht geändert wird. — So erhalten wir zwei wesentlich verschiedene der Richtung nach sich gerade entgegengesetzte Bildungsprocesse an der Pflanze:

a. Den einen, dessen Fortschreiten vom Grunde nach der Spitze gerichtet ist. In dem Producte desselben liegen die jüngsten Zellen in der Spitze und machen hier eine unbegrenzte Fortbildung möglich. Dies ist das erste Grundorgan, die Pflanzenaxe, oder der Stengel im weiteren Sinne.

b. Den andern, dessen Fortschreiten von der Spitze zum Grunde gerichtet ist. In dem Producte desselben liegen die ältesten Zellen in der freien Spitze und wenn der Bildungsprocess der Zellen den Grund erreicht hat, so hört er auf, er ist begrenzt. Dies ist das zweite Grundorgan der Pflanze, das Blatt.

Der wichtigste Unterschied, welcher eine Abtheilung in der gesammten Pflanzenwelt zu begründen Werth genug besitzt, scheint mir derjenige zu sein, welcher zwischen zwei Pflanzengruppen Statt findet, die man bisher ziemlich undeutlich mit dem Ausdrucke stengellose und Stengelpflanzen bezeichnete, dem man auch wohl die

Ausdrücke Zellenpflanzen und Gefässpflanzen substituirte. Die erste Abtheilung der stengellosen oder Zellenpflanzen umfasst die Algen, Pilze und Flechten, die zweite dagegen sämmtliche übrige sowohl kryptogamischen als phanerogamischen Pflanzen.

Zunächst ist es nothwendig hier zweierlei zu unterscheiden, damit nicht unnütze Streitigkeiten über blosse Worte geführt werden, nämlich die natürliche Eintheilung der Pflanzen in verschiedene Gruppen und die Hervorhebung eines Merkmals zur Bezeichnung der Gruppen. Es ist nämlich vor Allem festzuhalten, dass der Eintheilungsgrund durchaus nicht nothwendigerweise auch als Merkmal zur Bezeichnung genommen zu werden braucht, da beides an sich völlig unabhängig von einander ist. Zwar ist nicht zu bezweifeln, dass es vortheilhaft und daher sehr wünschenswerth erscheint, wenn beides zusammenfällt und man den Eintheilungsgrund auch zum Merkmal der Bezeichnung wählen kann, aber es ist nicht nothwendig und für den gegenwärtigen Standpunkt der Botanik auch in vielen Fällen nicht einmal möglich, und der Versuch beides zu vereinigen führt häufig von dem was wir erstreben, von einer natürlichen Anordnung der Pflanzen, ab zu einem rein künstlichen System, zu einem leeren logischen Formalismus, welcher der Natur etwas aufdrängt was ihr durchaus fremd ist.

Der Eintheilungsgrund für eine natürliche Anordnung der Pflanzen liegt nämlich bis jetzt noch in den meisten, wo nicht in allen Fällen in der keineswegs auf Begriffe zurückzuführenden Anschauung, ja häufig nur in dem ganz unbewussten Griffe, in dem Takt des botanischen Genies. Wie häufig finden sich in der Geschichte der Botanik die Beispiele, dass von einem Forscher aufgestellte und vielleicht sogar durch ein falsches Merkmal bezeichnete Gruppen erst später bei genauerer Kenntniss von einem anderen gerechtfertigt wurden. In den meisten Fällen entscheidet über Verwandtschaft und Nichtverwandtschaft der Pflanzen der Totaleindruck, den die einzelnen Kenntnisse über eine Pflanze in ihrer Gesammtheit auf uns machen und hierbei ist und bleibt gar vieles schwankend, weil wir es nicht mit wägbaren und messbaren Grössen, sondern nur mit intensiven Grössen und verschiedenen incommensurabeln Qualitäten zu thun haben. Hierbei zeigt uns aber schon das so verschiedene Urtheil, welches verschiedene Menschen über die Aehnlichkeit eines Menschen mit anderen fällen, wie individuell verschieden die Intensität ist, mit welcher das eine oder andere Merkmal auf den Beurtheiler wirkt, und es bleibt uns am Ende oft nichts übrig, als die Uebereinstimmung der bei weitem grösseren Anzahl als den Ausdruck des richtigsten Gefühls anzuerkennen. So auch in der Botanik, wo oft die Anschauung oder der Instinkt schon bei Vielen oder Allen eine Zusammenstellung oder Trennung von Pflanzen vorbereitet hat, die dann schnell und eben deshalb so schnell eine allgemeine Anerkennung findet, sobald einer dem dunkeln Gefühle einen bestimmten Ausdruck verleiht.

So dürfen wir wohl auch an das natürliche Gefühl, an das taktmässige Erfassen der Wahrheit in der Natur appelliren, wenn wir jene oben erwähnten Gruppen als die beiden Hauptabtheilungen der ganzen Pflanzenwelt einander gegenüberstellen und diese Trennung durch den *consensus omnium* für gerechtfertigt erklären. Ich glaube, jeder Natur-, nicht Bücherforscher, jeder, der gesunde Anschauung und nicht blos logischen Verstand hat, wird stets entschiedenen Anstoss daran nehmen, wenn *Nägeli** in neuerer Zeit aus rein künstlicher Systemmacherei die sämmtlichen Flechten zu den Conferven mitten in die Algen hineinstellt und dagegen die Florideen von den Algen losreisst und mit den Lebermoosen vereinigt; und ohne dass wir vielleicht zur Zeit noch unsere Gesammtanschauungen in einen scharfen wissenschaftlichen Begriff zusammenfassen können wird doch jeder Botaniker fühlen, dass wir es in der Vegetation der Algen, Pilze und Flechten mit etwas zu thun haben was in seinem innersten Wesen von dem, was uns die anderen Pflanzen darbieten, abweicht.

---

* Die neueren Algensysteme und Versuch zur Begründung eines eigenen Systems der Algen und Florideen, Zürich 1847.

Sehen wir aber auch als festgestellt und unzweifelhaft entschieden an, dass die Haupteintheilung des ganzen Pflanzenreichs die Algen, Pilze und Flechten einerseits von allen übrigen Pflanzen andererseits trennen muss, so sind wir doch noch lange nicht so weit, die allein richtige Bezeichnungsweise für beide Abtheilungen gefunden zu haben und deshalb machen sich von den nur annähernd richtigen mehre als gleichberechtigt neben einander geltend. Ich habe geglaubt diese beiden Abtheilungen am Besten mit den Worten Angiosporen und Gymnosporen bezeichnen zu können, weil der allgemeinste und durchgreifendste Unterschied zwischen den beiden Gruppen, welcher sich auf die Fortpflanzungsorgane bezieht, darin besteht, dass bei der ersten Abtheilung, nämlich bei den Flechten, Algen und Pilzen, die Sporangien oder die Mutterzellen, in denen sich die Sporen oder Fortpflanzungszellen bilden, sichtbar und unverändert bleiben bis zu dem Augenblick, in welchem die Sporen von der Mutterpflanze ganz getrennt und zu fernerer Entwickelung ausgestreut werden; bei der zweiten Abtheilung dagegen, welche die übrigen Kryptogamen und sämmtliche Phanerogamen umfasst, werden die Mutterzellen der Sporen augenblicklich aufgelöst und verschwinden, sobald die Sporen vollständig entwickelt sind; diese letzteren bleiben dann aber noch längere Zeit in einer kleinen Kapsel oder sackförmigen Höhle der Pflanzen, deren Wände aus einer oder mehreren Lagen Zellgewebe bestehen, als ein lockeres Pulver eingeschlossen. Dieser Unterschied würde ganz durchgreifend und dann auch nicht ohne wesentliche Bedeutung sein, wenn nicht von den sogenannten Vierlingsfrüchten der Florideen *Nägeli* behauptet hätte, dass bei diesen die Mutterzellen, in denen sich die vier Sporen gebildet, schon frühzeitig resorbirt würden, während dagegen *Decaisne* diesem ganz bestimmt widerspricht. Ich glaube nicht ohne Grund mich in diesem Falle für *Decaisne* entscheiden zu müssen.

Möchte es indessen immerhin sein, dass meine Bezeichnung dieser Abtheilungen sich späterhin als falsch erwiese, so würde daraus nur hervorgehen, dass eine andere Bezeichnungsweise aufzusuchen sei, keineswegs aber, dass die Abtheilung selbst eine falsche und mit einer anderen zu vertauschen wäre, denn, um es noch einmal zu wiederholen, das einzelne Merkmal, welches zur Bezeichnung der Abtheilungen gebraucht ist, hat mit dem Theilungsgrund nichts zu thun, die Abtheilungen selbst sind früher da als ihre Bezeichnung, der Theilungsgrund wird durch die Gesammtanschauung gegeben, in deren Auffassung bis jetzt noch sämmtliche Botaniker übereinstimmen und auch wohl immer übereinstimmen werden.

Ein Anderes aber ist es, den Gesammteindruck, der aus der Anschauung hervorging, möglichst für sich zu rechtfertigen und wissenschaftlich auszusprechen. Hier werden wir wohl noch lange arbeiten müssen ehe es uns gelingt, alle Einzelheiten, durch welche sich die innere Verschiedenheit jener beiden Abtheilungen ausspricht, zu erfassen und auf den richtigen Ausdruck zurückzuführen, noch schwieriger wird es werden, wenn wir einmal so weit vorgeschritten sind, dass wir die Frage aufwerfen können, welches einfache Naturgesetz oder welche Verschiedenheit des Bildungstriebes allen diesen Einzelheiten zu Grunde liegt, so dass dieselben von ihm als ihrem Bestimmenden selbst nur als abgeleitete Folgen abhängen.

Von allen Verschiedenheiten, die uns bei Vergleichung beider Gruppen entgegentreten, ist der auffallendste der, dass bei den Gymnosporen der Gegensatz von Stengel oder Pflanzenaxe und Blatt auftritt, welcher der anderen Abtheilung durchaus mangelt. In der Anschauung rechtfertigt sich die Annahme dieser doppelten Organe als von ähnlichen Formenspielen bei anderen Pflanzengruppen, z.B. bei *Sargassum* verschieden sogleich, allein es ist zur Zeit noch schwer, diesen Unterschied streng morphologisch zu begründen. Während bei den Angiosporen nur bestimmte einzelne Zellen als Mutterzellen für die Sporen (als Sporangien) functioniren und zu gewissen, zuweilen selbst noch sehr unbestimmten Gruppirungen als Sporenfrüchte zusammentreten, während wir also hier ein nur durch die Lebensthätigkeit bestimmtes Organ für die Fortpflanzung unterscheiden können, so treten dagegen bei den Gymnosporen

die Producte zweier verschiedenen Bildungsgesetze, der Stengel und Blattbildung, als morphologisch bestimmte Organe auf und wir finden bald, dass dieser Unterschied bei den Pflanzen wesentlicher ist als der physiologische nach der Lebensthätigkeit, weil die allerwichtigsten Lebenserscheinungen bei den verschiedenen Pflanzen bald diesem, bald jenem Organe zugetheilt sind. Es ist also recht eigentlich hier am Orte den Unterschied zwischen Stengel oder Pflanzenaxe und Blatt möglichst scharf zu begründen. Man hatte bisher darüber schon eine ziemlich feste Ansicht, indem man das von *Rob. Brown* zuerst aufgestellte Merkmal festhielt und nur bestimmter auszusprechen suchte, dass sich der Stengel vom Grunde nach der Spitze entwickle und letztere sein jüngster Theil sei, während sich das Blatt umgekehrt von der Spitze nach dem Grunde hin ausbilde und daher die Spitze vielmehr als der älteste Theil erscheine. In wiefern diese Ansicht richtig ist kann nur die Entwickelungsgeschichte entscheiden, auf welche hier um so genauer einzugehen ist, da Alles, was früher darüber festgestellt war, neuerdings durch die Arbeiten von *Nägeli** wieder als umgestossen oder doch als zweifelhaft erscheint.

Die Entwickelungsgeschichte des phanerogamen Blattes hat ausserordentliche Schwierigkeiten und ich werde mich hier um so mehr auf die Entwickelung zunächst des Moosblattes beschränken können, da es hier hauptsächlich auf den Gegensatz in den nächstverwandten Gruppen ankommt und *Nägeli* sogar so weit gegangen ist, die Florideen als eine besondere Abtheilung den Lebermoosen einreihen zu wollen. Ich glaube aber, wenn auch nach unvollständigen Untersuchungsreihen, voraussetzen zu dürfen, dass die für die Moose gewonnenen Resultate sich auch ohne weiteres auf die Lebermoose anwenden lassen.

Meine Untersuchungen habe ich vorzugsweise an den Blättern von *Sphagnum* angestellt, weil die eigenthümliche Anordnung der Zellen des erwachsenen Blattes hier erlaubt, gar manche Beobachtungen mit grösserer Sicherheit zu machen als bei anderen Blättern, in denen alle Zellen nahebei gleich sind.

Nach den Untersuchungen an *Sphagnum squarrosum* muss man in der Entwickelung des Blattes drei Abschnitte oder drei verschiedene Zellenbildungsprocesse unterscheiden. Der erste Zellenbildungsprocess geschieht in der Stengelspitze und die neugebildeten Zellen werden hervorgeschoben, dann folgt eine von den Endzellen beginnende und nach der Basis des Blattes zu fortschreitende Bildung von Tochterzellen ersten Grades; endlich beginnt in diesen letzten Zellen abermals eine Neubildung von Tochterzellen zweiten Grades, welche sich von der ersten leicht durch die eigenthümliche Anordnung dieser letzten Tochterzellen unterscheiden lässt. Diese zweite Zellenvermehrung betrifft aber keine der Randzellen, die Endzelle mit eingeschlossen, sondern beginnt in der unmittelbar unter der Endzelle liegenden Zelle und zieht sich von hier allmälig gegen die Basis und gleichzeitig vom Rande gegen die Mitte zurück, so dass die sich vermehrende Zellengruppe ein sich immer verkürzendes und verschmälerndes auf der Basis des Blattes mit der Grundlinie aufsitzendes Dreieck bildet.

1. Die Spitze des Stengels bildet stets eine einzige Zelle. Sogleich unterhalb derselben tritt das Blatt, ebenfalls anfänglich aus einer einzigen Zelle (1) bestehend, hervor. Neben dieser ersten Zelle erscheinen sodann am Grunde zwei andere (2 und 3), zwischen welche die erste oder Endzelle des Blattes mit ihrem Grunde eingekeilt ist. Diese beiden neuen Zellen erscheinen mir ebenfalls als aus dem Stengel hervorgetreten, denn niemals habe ich einen Zustand beobachten können, wo diese Zellen kleiner als die ursprüngliche Endzelle, oder die sie von der Endzelle trennenden Linien zarter als die übrigen Begrenzungslinien gewesen wären. Der nächste Zustand zeigt mir ohne Ausnahme sechs Zellen, indem unter jenen drei ersten Zellen noch drei andere so liegen, dass zwei (4 und 5) seitlich die beiden (als 2 und 3) entstandenen Zellen

* *Nägeli* in *Schleiden's* und *Nägeli's* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft 1—4 insbesondere Heft 3 und 4, Seite 153—186.

stützen, die dritte (6) aber sich keilförmig zwischen 4 und 5 und zugleich zwischen die Basis von 2 und 3 einschiebt. Auch diese Zellen halte ich aus denselben bei 2 und 3 angeführten Gründen für aus dem Zellenbildungsprocess der Stengelspitze hervorgegangene. Ich vermuthe, dass dieser letzte Process noch längere Zeit für die Bildung des Blattes thätig ist, kann es aber nicht weiter ausführen, weil sich nun schon der zweite Zellenbildungsprocess einmischt und die Verhältnisse unklar macht.

2. Die nunmehr eintretende Zellenvermehrung beginnt in der Endzelle und schreitet von da nach dem Grunde zu fort und zwar so, dass in den Zellen sich zarte Scheidewände bilden die von links nach rechts oder umgekehrt einen Winkel von 45° mit der Grundlinie des Blattes machen. Die Theilungen nach beiden Richtungen scheinen immer abzuwechseln, sie folgen sich aber oft so schnell, dass es zuweilen den Anschein hat als ob in einer Zelle sich statt zwei gleichzeitig vier Zellen gebildet hätten. Dieser ganze Zellenvermehrungsprocess ist aber schon mit gewissen organischen Unregelmässigkeiten behaftet, indem zuweilen eine einzelne Zelle übersprungen zu werden scheint, oft eine neu entstandene Zelle sich vorschnell entwickelt und die anderen verschiebt, so dass schon in diesem Stadium eine streng geometrische Anordnung nicht mehr Statt findet.

3. Sobald der zweite Zellenbildungsprocess die Spitze verlassen und noch ehe derselbe am Grunde des Blattes aufgehört hat, beginnt der dritte und letzte Vorgang, durch welchen die Zellenzahl für das zukünftige Blatt definitiv festgestellt wird. Dieser Zellenbildungsprocess unterscheidet sich aber sehr wesentlich von dem vorhergehenden dadurch, dass er die Endzelle in der Spitze des Blattes und sämmtliche Randzellen gar nicht berührt. Diese bleiben vielmehr so wie sie aus dem zweiten Bildungsstadium hervorgegangen sind stehen und dehnen sich nur, der ferneren Entwickelung des Blattes entsprechend, aus. Alle Zellen aber, welche innerhalb dieser Begrenzung liegen, nehmen an der wieder eintretenden Zellenvermehrung Theil. Die Richtung dieses neuen Zellenbildungsprocesses ist nun aber, was sich hier mit Sicherheit sagen lässt, nicht einfach von der Spitze zum Grunde, sondern gleichzeitig von dem Blattrande nach der Mittellinie des Blattes, so dass sehr bald die Region, in welcher die Zellenvermehruug noch Statt findet, ein Dreieck bildet, dessen Grundfläche mit dem Grunde des Blattes zusammenfällt, von hieraus aber nur mehr oder weniger in das Blatt hineinragt. Der Vorgang ist hier ein eigenthümlich gesetzmässiger, indem jede der vorhandenen Zellen in drei neue zerfällt. Diese drei neu entstandenen Zellen liegen nun so in der Mutterzelle, dass die eine (*A*), der einen Seite derselben parallel, die ganze Länge dieser Seite einnimmt, die anderen beiden (*B* und *C*) dagegen auf dieser langen Zelle senkrecht nebeneinander stehen und nur etwas mehr als halb so lang wie die vorige erscheinen. Da die aus dem zweiten Bildungsprocess hervorgegangenen Zellen fast genau Rhomben waren, welche mit einem Winkel nach der Basis, mit dem anderen nach der Spitze des Blattes hinwiesen, so entsteht durch die dritte Zellenbildung ein Netz mit rhombischen Maschen, dessen Zeichnung durch schräg von der Rechten zur Linken und von der Linken zur Rechten laufende Zellenreihen gebildet wird, während die Masche selbst von einer jener beiden Zellen (*B* und *C*) ausgefüllt wird. Die Zellen jener sich kreuzenden Reihen dehnen sich dann später vorzugsweise in die Länge aus, während die Maschenzelle mehr allseitig entwickelt wird; jene entwickeln später Chlorophyll, diese dagegen die den Zellen des *Sphagnum*-blattes eigenthümlichen Ring- und Spiralfasern. Auch diese letzten beiden Processe der individuellen Ausbildung der einzelnen Zellen beginnen in der Spitze des Blattes und rücken allmälig nach dem Grunde herab.

Wenn wir hiernach gezwungen sind anzunehmen, dass in jeder Bildungsepoche die Richtung der Entwickelung von der Spitze des Blattes zur Basis geht, dass zu allen Zeiten die ältesten Zellen des Blattes in der Spitze, die jüngsten dagegen im Grunde liegen, so wird diese Ansicht noch wesentlich unterstützt durch die bei Anwendung chemischer Reagentien erhaltenen Resultate. Lässt man nämlich auf verschiedenes

Zellgewebe Jod und Jodkalium gelöst einwirken und befeuchtet dann das Präparat mit einer mässig concentrirten Schwefelsäure, so überzeugt man sich sehr bald davon, dass ganz neu entstandene Zellen selbst nach Verlauf von Stunden noch gelb gefärbt erscheinen, dass dagegen alte völlig entwickelte Zellen schön veilchenblau sich färben und dass die mittleren Altersstufen sich durch die allmäligen Uebergänge von gelb durch weinroth bis zum dunkeln Veilchenblau charakterisiren. So haben wir denn an diesem Reagens ein sicheres Mittel um das relative Alter der Zellen in ganzen jungen Geweben zu bestimmen. Angewendet auf die Entwickelung des *Sphagnum*-blattes ergiebt sich nun, dass ohne Ausnahme in allen Altersstufen des Blattes sich die Spitze am frühesten weinroth oder gar blau färbt, während bis gegen das Ende der Blattentwickelung die Zellen am Grunde immer gelb gefärbt erscheinen. Da diese Erscheinung nun aber nicht etwa einzeln einmal oder nur gegen Ende der Blattentwickelung eintritt, in welchem Falle man die Erscheinung als Folge einer rascheren individuellen Zellenausbildung an der Spitze des Blattes ansehen könnte, da vielmehr diese Einwirkung in jedem Augenblicke der Blattentwickelung dieselbe Erscheinung hervorruft, so scheint daraus unwiderleglich zu folgen, dass die Zellen am Grunde des Blattes auch durchweg die jüngsten, die an der Spitze aber die ältesten sind.

Man ist also vollkommen berechtigt, da wo man auf den exacten Ausdruck verzichtet, zu sagen, dass das Blatt g l e i c h s a m aus dem Stengel hervorgeschoben werde. Darin liegt nun aber ein directer Gegensatz gegen die Entwickelungsweise des Stengels, denn wenigstens bei den einfacheren Stengeln der Moose und Lebermoose kann darüber nicht der geringste Zweifel obwalten, dass derselbe durch Bildung neuer Zellen in seiner Spitze fortwachse, dass seine Spitze immer sein jüngster Theil sei. Ich brauche hierauf um so weniger genau einzugehen, als dieser Satz auch bis jetzt noch von Niemand angefochten worden ist.

Die andere Frage wäre nun die, ob dieser Gegensatz in der Entwickelung, der sich bei dem Blatt und Stengel der Moose geltend macht und so scharf ausprägt, sich nicht auch bei den früheren Pflanzengruppen vorfindet, wobei wohl vorzugsweise und fast allein auf die Algen Rücksicht zu nehmen wäre, da wenigstens bei diesen Formen vorkommen, welche dem Stengel und Blatte der höheren Pflanzen äusserlich ähnlich erscheinen. Hier stehen mir leider durchaus keine eigenen Untersuchungen zu Gebote, indem ich nie Gelegenheit hatte lebende Meer-Algen zu studiren. *Kützing* und die früheren Algologen sind für derartige Untersuchungen völlig unfruchtbar. Mir bleibt also nichts übrig als mich an die Angaben von *Nägeli* zu halten, welcher aber leider ebenfalls nicht Gelegenheit gehabt zu haben scheint, das wichtigste hier einschlagende Geschlecht, *Sargassum* nämlich, selbst zu untersuchen. Was er von den von ihm Blätter genannten seitlichen Abtheilungen der Pflanze bei *Polysiphonia* und *Herposiphonia* sagt*, stimmt aber in allem Wesentlichen, namentlich in der Entstehung der Zellen dieser Theile, durchaus mit dem überein, was bei höheren Pflanzen das Stengelwachsthum charakterisirt, nämlich ein beständiges Fortwachsen an der Spitze. Hier liegen die jüngsten Zellen, am Grunde dagegen die ältesten. Ein gleiches ergiebt sich aber auch bei der Untersuchung der Vegetation der Flechten, auch hier liegt die Kraft des Wachsthums ausschliesslich in der Peripherie, in den äussersten Spitzen der einzelnen Theile. Kurz, der Gegensatz zwischen Stengel und Blatt als den Producten zweier sich diametral entgegengesetzten Wachsthumsprocesse existirt, soweit alle bisherigen Beobachtungen es darthun können, für die Gruppe der Angiosporen noch nicht und tritt erst bei den Gymnosporen als ein neues morphologisches Element auf.

§. 95.

In anatomischer Hinsicht zeichnen sich die Gymnosporen wesentlich durch die Bildung von Gefässbündeln im Stengel oder auch in den Blättern aus. Auch steht

* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft 3 und 4, S. 207 ff.

die individuelle Ausbildung der einzelnen Zelle auf einer bei weitem höheren Stufe, da mit Ausnahme der Moose überall sich die spiraligen Verdickungsschichten deutlich zeigen. Endlich giebt es keine Gruppe, in der nicht einzelne Arten oder Pflanzentheile eine vollkommen ausgebildete Oberhaut mit Spaltöffnungen aufzuweisen hätten.

Schon oben habe ich bemerkt (S. 180), dass ich keinen Grund sehe, warum man den Kreis langgestreckter Zellen im Stengel der Moose und Lebermoose, bei gleicher Lage und gleicher Function, und wenn wir die Gefässbündel der Phanerogamen ohne sogenannte Spiralgefässe, z. B. bei *Ceratophyllum* damit vergleichen, auch von gleicher anatomischer Zusammensetzung nicht Gefässbündel nennen sollen. Sie begründen einen auffallenden anatomischen Unterschied zwischen Gymnosporen und Angiosporen, bei welchen letzteren nichts Aehnliches vorkommt. Die bedeutende Entwickelung der spiraligen Verdickungsschichten ist nicht minder ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Gruppen, und es ist auffallend, dass bei den Moosen davon nur geringe Spuren zu finden sind.

A. Geschlechtslose Pflanzen (*Pl. agamae*).

§. 96.

Bei den Agamen haben wir drei Entwickelungsstufen. 1. Die Lebermoose bilden den Uebergang von den Angiosporen zu den Gymnosporen. Die Fortpflanzungszelle entwickelt sich gewöhnlich noch ganz zur neuen Pflanze oder bleibt doch nur theilweise in der äusseren Haut zurück und stirbt ab.

2. Bei den Uebrigen entwickelt sich die Fortpflanzungszelle zum Schlauch, dessen eines Ende in der äusseren Haut der Spore zurückbleibt und mit dem Schlauche später abstirbt, dessen anderes Ende Zellen bildet, die sich zu einer eigenthümlichen Bildung (Vorkeim, *proembryo*) zusammenordnen. An einer Stelle dieses Vorkeims entwickelt sich aus einer dichtern Zellgewebsgruppe eine Stengelanlage und an dieser Blattanlagen, mit einem Worte eine Knospe, die sich dann zur neuen Pflanze entfaltet. Dabei findet aber der wesentliche Unterschied statt, dass *a*) entweder jene Stengelanlage nur nach oben entwickelungsfähig ist, wurzellose Agamen (die Laub- und Lebermoose) oder *b*) sich zugleich nach oben und unten entwickelt, Wurzelagamen (die Uebrigen, *Linné's* Farrenkräuter, mit Ausschluss der Rhizocarpeen).

Bei allen Agamen zeigt sich das merkwürdige Verhältniss, dass das Sporangium bald nach Entwickelung der Sporen, die hier stets in der Vierzahl auftreten *, resorbirt wird, so dass die reifen Sporen frei in der Sporenfrucht liegen. Hierdurch unterscheiden sie sich wesentlich von den Angiosporen, während es eine ebenso wesentliche Aehnlichkeit der Sporenfrucht mit der Anthere der Phanerogamen begründet. Man nennt deshalb die Sporangien hier gewöhnlich Mutterzellen.

Der bei den wurzellosen Agamen confervenartige, bei den andern ulvenartige Vorkeim giebt ein Merkmal, welches ganz entschieden die hierher gerechneten Gruppen aufs engste zusammenhält, während die Lebermoose sich einerseits durch ihre Keimung an die Angiosporen, andererseits durch die Bildung ihrer Fortpflanzungszellen an die Gymnosporen anschliessen. In der Sporenfrucht der Riccien und Blasien möch-

---

* Vergl. *H. Mohl* in der Flora von 1833, B. I, S. 33 ff.

ten sich vielleicht auch noch Analogien mit der Sporenfrucht der Kernflechten auffinden lassen. Zugleich aber giebt der Vorkeim auch durch seine verschiedenartige Entwickelung zur Pflanze Anlass zu einer Trennung in zwei wesentlich verschiedene Gruppen. Bei der schematischen Unklarheit des Wortes »Wurzel«, wie es sich bei den meisten Botanikern, statt eines klaren Begriffes findet, ist es ihnen denn auch entgangen, dass Moose und Lebermoose gar kein Analogon der ächten Wurzel haben, dass die aus dem confervenartigen Geflecht des Vorkeims sich erhebende Knospe nur nach oben morphologisch abgeschlossen sich in bestimmte Gestalten, Stengel und Blätter, entwickelt, nach unten aber sich eben in die Confervenfäden des Vorkeims auflöst und daher in dieser Richtung gar keiner Entwickelung in morphologisch bestimmter Weise fähig ist. Man könnte mit *C. F. Wolff* sagen, es sei nur ein *punctum vegetationis* vorhanden, während bei den Uebrigen sich zwei, ein oberes und ein unteres, zeigen, welche durch die dazwischen liegenden ältesten Zellen getrennt die Entwickelung nach zwei entgegengesetzten Richtungen in Stengel (oberer Vegetationspunkt) und Wurzel (unterer Vegetationspunkt) bedingen. Deshalb sterben alle perennirenden wurzellosen Agamen auch fast eben so schnell von unten ab, als sie sich nach oben hin fortentwickeln, während die andern nach beiden Seiten sich ausbilden und ihre Masse vermehren können. Merkwürdig genug stimmt mit dieser morphologischen Verschiedenheit eine physiologische überein. Die wurzellosen Agamen schliessen sich nämlich insofern den Gymnosporen an, als bei ihnen keine Vertheilung der Flüssigkeit in der Pflanze von einem bestimmten Punkt aus stattzufinden oder auch nur möglich zu sein scheint. Zwar bedürfen sie nicht des tropfbar flüssigen Wassers zur Ernährung aller ihrer einzelnen Theile, aber doch einer mit Wasserdunst gesättigten Atmosphäre. Eine Pflanze von *Polytrichum* z. B. mit ihrem untern Ende in Wasser gesetzt, dessen Oberfläche durch Oel gegen Verdunstung geschützt, oder einer sehr trocknen bewegten Atmosphäre ausgesetzt ist, welkt so weit sie nicht im Wasser steht und stirbt ab, vegetirt aber fröhlich fort, sobald man sie durch eine darüber gedeckte Glasglocke mit einer von Wasserdunst gesättigten Atmosphäre umgiebt.

---

a. *Wurzellose Agamen.*

IV. Lebermoose (*Musci hepatici*).

§. 97.

Die entwickelte Pflanze hat wie die Laubmoose keine eigne Wurzel. Der Stengel zeigt zwei Hauptformen, einmal die gewöhnliche, dem Laubmoosstengel analoge, und dann eine andere, wo er statt linienförmig, vielmehr flächenförmig-bandartig ausgebreitet ist. Der erstere hat immer Blätter, der letztere nur rudimentäre oder gar keine. Der erstere ist selten aufrecht, meist niederliegend. Der letztere (*caulis frondosus*) ist entweder zum Theil fadenförmig entwickelt und erst am Ende flach ausgebreitet, oder ganz und gar flach; in beiden Fällen ist er verschiedenartig und zwar überwiegend oft gabelig getheilt, auch fingerförmig, seltener gefiedert. Bei einem kleinen Theil, z. B. *Riccia fluitans*, *Anthoceros laevis* etc., besteht die ganze Pflanze nur aus ziemlich gleichartigen, flächenförmig aneinander gereihten Zellen, die man weder als Blatt noch als Stengel ansprechen kann. Hier ist die gabelförmige Theilung sehr vorherrschend und das allseitige Fortwachsen von einem Punkt aus giebt den Riccieen zum Theil eine grosse Aehnlichkeit mit den Flechten. Blätter kommen bei allen Lebermoosen wenigstens als Blüthentheile vor, nur bei den zuletzt erwähnten ist es zweifelhaft. Die Blattformen sind sehr mannig-

faltig. Mit wenigen Ausnahmen sind die Blätter so gewendet, dass sie in Einer Ebene zu beiden Seiten des Stengels liegen; beim flachen Stengel stehen sie sehr verkümmert nur auf der untern Fläche. Zuweilen sind die Blätter ganz fadenförmig zerschlitzt, seltner einfach, häufig am Rande mannigfach eingeschnitten, zwei- und mehrlappig. Bei den zweilappigen ist oft ein grösserer und ein kleinerer Lappen (*auricula*) vorhanden und das Blatt in der Trennungslinie beider zusammengefaltet. Häufig hat der Stengel zweierlei Blätter, grössere obere, die zweizeilig gewendet in einer Fläche zu liegen scheinen, und kleinere, in der Form abweichende, die nur an der untern Seite des Stengels stehen (*amphigastria*, *stipulae*). In den Blattachseln bilden sich Knospen und dadurch Verästelungen, die häufig, wie die Blätter in einer Fläche sich ausbreitend, den Stengel fiederförmig erscheinen lassen. Auch bei den Lebermoosen treten einzelne Zellen aus dem Individualitätszusammenhange heraus und bilden sich selbstständig zu neuen Pflanzen fort, indem sie noch in Verbindung mit der Pflanze zu kleinen zelligen Körperchen sich umbilden, oft von einer eigenthümlichen halbmond-, becher- oder flaschenförmigen Erhebung der obern Zellenschicht (*conceptaculum*) umgeben (z. B. *Marchantia*).

Bis vor nicht gar langer Zeit blieben die Lebermoose, einige unbedeutendere Versuche im Einzelnen* abgerechnet, nur Gegenstand der Specieskrämerei. Erst in neuerer Zeit haben zwei Männer angefangen, dieselben mit mehr Geist zu bearbeiten, nämlich *Lindenberg*** und vor allem *Gottsche****, dem wir die interessantesten Aufschlüsse über diese niedlichen Pflanzen verdanken werden.

Etwas umfassendere Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte verdanken wir erst *Gottsche* (a. a. O.) bei *Jungermannia bicrenata*, *Preissia commutata*, *Blasia pusilla*, *Pellia epiphylla*, wozu noch die Beobachtungen von *Mirbel* über *Marchantia polymorpha* kommen. Diese dankenswerthen Beiträge lassen indess immerhin noch manches zu wünschen übrig, namentlich in Bezug auf die Entstehung der Zellen und die Entwickelung der Blätter. Aus dem Gegebenen geht so viel hervor, dass die Entwickelung der Spore durchaus keinen so scharf ausgeprägten Typus zeigt, wie bei den folgenden Gruppen der Agamen, wenigstens den Laubmoosen und Farren.

Die sich entwickelnden Gestalten zeigen zum Theil noch schwankende Formen. Bei den niederen fehlen die Blätter noch ganz und hier ist denn mit dem so häufigen Vorherrschen der Phantasie über Beobachtung und unbefangene Auffassung von Verschmolzensein der Blätter mit dem Stengel gesprochen worden. Indess wo wie bei *Jungermannia multifida* keine Blätter vorhanden sind, da sind eben keine vorhanden, aber eben so wenig mit dem Stengel verschmolzen, als bei *Melocactus* und *Euphorbia meloformis*. Im Begriff der Pflanze liegt es gar nicht, dass sie Blatt und Stengel haben müsse, sondern es ist rein erfahrungsmässig hinzunehmen, dass bei einigen Pflanzen zwei wesentlich verschiedene Entwickelungsprocesse und daraus hervorgehende wesentlich verschiedene Formen, nämlich Blatt und Stengel, vorkommen; wo die Natur nur den einen jener Entwickelungsprocesse festhält, ist nur ein Stengel vorhanden, wo der Entwickelungsprocess ein ganz anderer ist, ist weder Blatt noch Stengel vorhanden. Wenn man nicht der Bildungsgeschichte der Pflanze nachgehend auf diese Weise inductorisch bestimmte Begriffe bildet, so kann man über die Natur wohl phantasiren, aber nie sie verstehen lernen.

Bei den Angiosporen konnte man an der Pflanze individuelles Wachsthum und individuelle Wiederholung durch Knospenbildung wegen der morphologischen Unbestimmt-

---

* *Mirbel, Observations sur le Marchantia polymorpha.* Paris 1835.

** Ueber die Riccieen. *Nov. Act. L. C. Tom. XVIII.*

*** Anatomisch-physiologische Untersuchungen über *Haplomitrium Hookeri Act. A. C. L. C. N. C. Vol. XX. P. I. p.* 207.

heit nicht unterscheiden. Aehnliche Beispiele kommen auch bei den Lebermoosen in der Verästelung des flachen Stengels ohne vorhergegangene Knospenbildung vor. Bei den Moosen ist mir kein Beispiel der Art bekannt. Bei den Farren und Rhizocarpeen kommen noch einzelne Fälle vor, später nicht mehr, es sei denn bei den fast noch ganz unbekannten Podostomeen.

Die Formen der Blätter treten erst ganz allmälig in dieser Gruppe hervor. — Bei den untersten fehlen sie ganz, bei den Marchantiaceen treten sie als kleine hautartige schmale Streifchen an der untern Seite des flachen Stengels auf. Bei den Jungermannien sind die zweilappig zusammengefalteten, oft in Begleitung der verkümmerten Blätter an der untern Seite des liegenden Stengels, die häufigsten. Ueber die Entwickelungsgeschichte der Blätter bedürfen wir noch ausführlicherer Untersuchungen, als sie *Gottsche* (a. a. O.) bis jetzt liefern konnte. Bei den zweilappigen Blättern ist noch die Eigenheit zu bemerken, dass bei den anfangs immer flachen kleineren Lappen sich die Zellen zuweilen nur in der Fläche, nicht am Rande vermehren und ausdehnen, so dass die Fläche blasig aufgetrieben und zuletzt der Blattlappen kappenförmig wird.

Ueber die Bedeutung der als eigne Organe (sogenannte Brutknospen) angesehenen einzelnen Zellen des Blatt- und Stengelparenchyms, die zu selbstständigen Pflanzen sich ausbilden, verweise ich auf das bei den Flechten und Moosen Angeführte. Nach *Bischoff* (*Bot. Termin.*) trennen sich sowohl Zellen des Stengels (*Jungermannia bidentata*) als der Blätter (*J. exsecta*) als Brutzellen von der Pflanze, auch bilden sich einzelne hervortretende Zellen noch in Verbindung mit der Mutterpflanze zu kleinen zelligen Körpern um (*J. violacea*), welche sich von der Pflanze trennen und zu neuen Pflanzen anwachsen wie bei *Mnium androgynum* bei den Laubmoosen. Die Entwickelung dieser Gebilde ist schon von *Mirbel* an *Marchantia polymorpha* vollständig erfolgt.

§. 98.

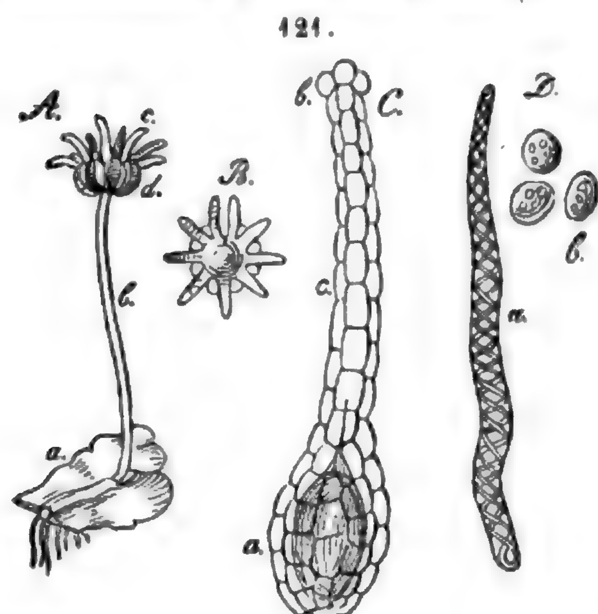
Im Wesentlichen weichen die Fortpflanzungsorgane der Lebermoose von denen der Laubmoose nicht ab. Nur zeigen sich die Hüllen schärfer als besondere Organe, oder bestimmter von den übrigen Blattorganen geschieden.

A. Eine bestimmte Anzahl von den übrigen von Innen nach Aussen (oder von Unten nach Oben am Stengel) immer mehr der Form nach verschiedenen Blättern, theils noch unverbunden, theils in ihrem untern Theile verwachsen, umschliessen die der Sporenbildung dienenden Organe und bilden so eine Blüthe (*flos*). An ihr kann man häufig einen innersten Kreis wesentlich verschiedener, meist zu einer Becherform verwachsener Blätter als Blüthenhülle (*perianthium*) unterscheiden. Zwischen ihnen und dem Fruchtanfang bildet sich häufig noch ein eignes kelchförmiges Organ (*calyx Gottsche*), das sich zuweilen eigenthümlich ungleich an beiden Seiten nach abwärts entwickelt, so dass die Fruchtträger auf dem Grunde eines hängenden Säckchens entspringen. Bei den meisten Lebermoosen stehen diese Blüthen einzeln; bei vielen mit flachem Stengel dagegen sind sie auf bestimmte Weise zusammen gruppirt und bilden so einen Blüthenstand (*inflorescentia*). An diesem unterscheidet man dann die Blüthen von dem sie tragenden Stengel, der Spindel (*rhachis*), an welchem die Blüthen stets ein Köpfchen bilden. Das Ende der Spindel ist zuweilen einfach (z. B. *Lunularia*), zuweilen knopfförmig ausgedehnt (z. B. *Grimaldia*), zuweilen schirm- oder scheibenförmig und dann meist gelappt (z. B. *Marchantia*).

Ueber die Blüthenbildung bei den Lebermoosen insbesondere, über den Kelch in seinen beiden Formen (wenn anders beide Gebilde in der That gleiche Bedeutung haben), lässt sich erst dann sprechen, wenn wir die ausführlichen Entwickelungsge-

schichten, welche *Gottsche* vorbereitet, erhalten haben werden. *Bischoff* * hat schöne Analysen mit seiner bekannten bewundernswerthen Kunst im Zeichnen gegeben, aber ohne Entwickelungsgeschichte und beständig spielend mit unpassenden Vergleichungen.

B. Die Blüthen umschliessen Fruchtanfänge (*germina*), mit sogenannten Saftfäden (*paraphyses*) untermischt. Sie bestehen aus einer Hülle (*calyptra*) und einem Kern (*nucleus*); erstere hat nach Oben ein längeres oder kürzeres, oft an der Spitze trichterförmig verbreitertes Ende.



Als Beispiel gebe ich hier die Fruchtanlage von *Marchantia polymorpha* (121). *Gottsche* (a. a. O.) ist noch um einen Schritt dem Anfange der Bildung näher gerückt, als die bisherigen Beobachter; nach ihm scheint so viel festzustehen, dass sich der Kern später bildet als die Hülle, das »wie« ist aber noch keineswegs vollständig klar. Anfänglich scheint es eine einfache Zelle zu sein, die später in einen kleinen eiförmigen Zellgewebskörper übergeht.

C. Bei der fernern Entwickelung zerreisst die Hülle allemal oben, und die sich ausbildende Sporenfrucht tritt aus derselben heraus. Nur bei *Anthoceros* fehlt die Hülle von vorn herein und die angebliche Mütze ist Schleim und zerstörte Laubzellen. Bei den Riccieen bleibt sie geschlossen, da der *nucleus* bei seiner Ausbildung sich gar nicht verlängert. Am *nucleus* selbst kann man nur zwei Zellgewebsportionen unterscheiden, eine untere, die mit Ausnahme der Riccieen zum Träger (*seta*) sich verlängert, und eine obere, die zur kugeligen (z. B. *Jung. pusilla*) bis fadenförmigen (z. B. *Anthoceros*) Sporenfrucht (*sporocarpium*) wird. Das Zellgewebe dieses obern Theils bildet sich wieder verschieden aus. Die äussersten Zellenlagen verdicken sich und bilden die Wand der Sporenfrucht, und zerreissen verschieden von Oben nach Unten. Vom innern Zellgewebe des Kerns bleibt selten ein längeres (z. B. *Anthoceros*) oder kürzeres (z. B. *Pellia epiphylla*) Mittelsäulchen stehen. Meist bildet es sich ganz und gar zu zwei verschiedenen Zellenformen um: Mutterzellen (in denen je vier Sporen sich bilden und mit einer eigenthümlichen Haut überziehen), welche später resorbirt werden; und langgestreckte, spindelförmige Zellen, die ein bis drei Spiralfasern enthalten und bald lose zwischen den Sporen vorkommen (*Fegatella conica*), bald am Mittelsäulchen (z. B. *Pellia epiphylla*), bald am Rande (z. B. *Jung. bicuspidata*), an der Spitze (z. B. *J. pinguis*), oder auf der innern Fläche (z. B. *J. trichophylla*) der

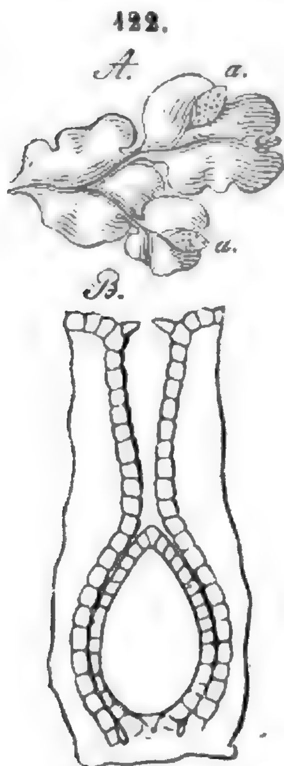
121. *Marchantia polymorpha*. *A* Ein Theil des Pflänzchens, *a* flacher liegender Stengel, *b* dünner sich erhebender Theil, *c* gelappte Ausbreitung des Stengels, welche auf ihrer untern Fläche die von Blattorganen umgebenen Sporenfrüchte *d* trägt. *B* Die lappige Ausbreitung des Stengels, welche die Sporenfrüchte trägt, von Oben gesehen. Der Ausschnitt zwischen den beiden obersten Lappen entspricht dem Ansatz des Stengels *b* der vorigen Figur. *C* Das *germen* völlig ausgebildet. Bei *a* zeigt sich bereits im Innern der Kern als eine einzige grosse Zelle (?), bei *c* ist der sog. Staubweg, bei *b* die sog. Narbe. *D* Aus der reifen Sporenfrucht die sog. Schleudern, *b* die Sporen.

* Bemerkungen über die Lebermoose u. s. w. in *N. A. L. C. V. XVII. P. II. p.* 909 *sqq.* (1835).

Klappen festhaftend erscheinen, seltner wie bei den Riccieen ganz fehlen. Man nennt sie Schleuderer (*elateres*).

Die Ausbildung des anfänglich homogenen Zellgewebes in so verschiedenartiges, dass Homogenes von Heterogenem in Folge der Hygroscopicität und Elasticität sich trennend zerreisst, findet hier wie bei der Mooskapsel statt, und wir haben es hier wenigstens nach dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse so wenig mit einer Trennung in ursprüngliche, nur verwachsene Theile zu thun, als dort. Die Art und Weise der Zerreissung ist sehr mannigfaltig; zuweilen entsteht nur eine Spalte (z. B. *Monoclea*), oder die Wand zerreisst mehr oder weniger tief in zwei bis acht Klappen (*valvulae*, z. B. *Pellia epiphylla*, *J. platyphylla, complanata*), oder in viele Zähne (*dentes*), seltner in unregelmässige Fetzen (z. B. *Grimaldia hemisphaerica*). Seltner bildet sich eine Trennung rund um die Frucht, so dass der obere Theil als Deckel abfällt (z. B. *Fimbriaria*); bei den Riccieen bleibt sie bis zur Zerstörung von Aussen geschlossen; bei *Riccia* selbst wird sie resorbirt, so dass die Sporen frei in der Höhle der *calyptra* zu liegen kommen. Ueber die Entwickelung der Sporen sind wohl noch genauere Untersuchungen zu machen. Ich beobachtete in jüngeren Zuständen stets vier Sporen frei in einer Mutterzelle. Von einer Theilung der Mutterzelle durch hereinwachsende Scheidewände, wie *Meyen** die Sache darstellt, habe ich bis jetzt nichts finden können, doch sind meine Beobachtungen noch sehr unvollkommen. Eine vortreffliche Untersuchung über die Sporenbildung von *Anthoceros laevis* haben wir von *Hugo v. Mohl*** erhalten, welche sich genau an die Bildung des Pollens anzuschliessen scheint.

D. Die Antheridien, deren Formen und Ausbildung an sich ganz mit denen der Moose übereinstimmen, bestehen aus einem Stiel, der länger oder kürzer ist, oder ganz fehlt, und dem obern stets kugeligen oder eiförmigen Theil. Selten bilden die Blätter eigne Hüllen um dieselben, doch drängen sich oft mehrere Blätter am Ende des Stengels dichter zusammen, in ihren Achseln Antheridien bergend, und werden dann als Kätzchen (*amentum*) zusammengefasst. Bei den Lebermoosen mit flachem Stengel sind die Antheridien stets in eine nach Aussen geöffnete Höhlung der Stengelsubstanz aufgenommen (eingesenkt). Bei vielen finden sie sich auf der Fläche unordentlich zerstreut (z. B. *Pellia epiphylla*), bei andern ist es ein bestimmter Theil des Stengels, der sich etwas wie eine Scheibe erhebt, der die Antheridien trägt (z. B. *Fegatella conica*), bei noch andern erhebt sich diese Scheibe schildförmig auf einem Stiel und ist dann oft am Rande gekerbt, gelappt u. s. w. (z. B. *Marchantia polymorpha*).



Ueber die Bedeutung dieser Antheridien soll bei den Laubmoosen das Nöthige gesagt werden, weshalb ich sie hier übergehe. Als Beispiel mag hier *Fegatella conica* (122) dienen. Bemerken muss ich nur noch, dass flüchtige Beobachtung auch hier einen wunderlichen Missgriff herbeigeführt hat. Fast alle Handbücher sprechen von flaschenförmigen Antheridien, die nämlich nach oben in einen Hals auslaufen, solche giebt es gar nicht.

122. *Fegatella conica*. *A* Ein Theil des Pflänzchens mit zwei scheibenförmigen Erhebungen des Stengels (*a a*), in welche die Antheridien eingesenkt sind. *B* Theil eines Durchschnittes einer solchen Erhebung. Die Einsenkung ist flaschenförmig mit derber Oberhaut ausgekleidet. Die Antheridie inwendig besteht aus einem zelligen Säckchen von einer grossen Zelle ausgefüllt.

* System der Physiologie Bd. 3, S. 391 ff.

** *Linnaea* Bd. 13, S. 273.

Bei *Marchantia polymorpha* und andern hat die Höhle eine flaschenförmige Gestalt, umschliesst unten die Antheridie und lässt nach oben einen engern Canal frei, der sich zuweilen über die Stengelfläche becherförmig (z. B. *Anthoceros*), warzig (z. B. *Pellia epiphylla*) oder als ein Stielchen (z. B. *Riccia*) erhebt. Innen ist diese Höhle mit einer dichten Oberhaut bekleidet. Bei flüchtiger Beobachtung hat man die allerdings flaschenförmige Zeichnung, die durch diese Epidermis entsteht, mit der von dieser Epidermis völlig getrennten, nach oben unterhalb des Canals stets rundlich geendeten Antheridie verwechselt. Ebenso gehören die sogenannten Stiftchen (*cuspides*) bei *Riccia* gar nicht der Antheridie, sondern der Erhebung des Parenchyms am Rande der Höhlung an, welche die Antheridien umschliesst.

§. 99.

Der rundliche Stengel der Lebermoose ist ganz ähnlich dem der Moose zusammengesetzt. Die Blätter dagegen bestehen wohl ohne Ausnahme nur aus einer einfachen Zellenschicht. Der flache Stengel bietet grössere Mannigfaltigkeit dar; oft besteht er aus einer einfachen dünnwandigen Zellenschicht, oder er zeigt in seiner Axe die Elemente des gewöhnlichen Stengels. Das Parenchym daneben ist aus einer bis vielen Zellenlagen gebildet, oft auf der Oberfläche mit einer vollkommenen Oberhaut bedeckt, welche Spaltöffnungen besonderer Art zeigt, nämlich warzenförmig sich erhebende Zellenmassen, die an der Spitze von einem Intercellulargange durchbrochen sind, der in eine Höhle führt, welche von lockeren oft flaschenförmig gestalteten Zellen ausgekleidet ist. Bei *Fegatella* und *Marchantia* sind die Zellen der mittlern Stengelmasse aufs zierlichste porös oder netzförmig verdickt.

Der Stiel der Sporenfrucht besteht hier stets aus zur Zeit der Reife sich wunderbar schnell ausdehnendem, aber auch sehr vergänglichem, zartem Zellgewebe. Die Kapselwand besteht mit wenigen Ausnahmen aus einer Oberhaut (flachen, meist braun gefärbten Zellen) und einer innern Lage von Spiralfaserzellen.

Es verdienen die Lebermoose auch in anatomischer Hinsicht noch viel gründlichere und umfassendere Untersuchungen, als ihnen bisher geworden sind. Zwar haben wir z. B. über *Marchantia polymorpha* eine ausführliche Monographie von *Mirbel* erhalten, mit Tafeln, die mehr durch Farbenpracht blenden, als in allen Punkten durch Naturtreue befriedigen, aber *Mirbel* lässt gar manche Frage noch unbeantwortet und manche Berichtigung ist schon jetzt vorgekommen. Hier wie überall fehlt es uns an einer genauen und vollständigen Entwickelungsgeschichte. Die Bildung der Spiralfasern in den Elateren und Fruchtwänden ist von *Meyen* beobachtet worden. Sie sollen nach ihm aus dem sichtbaren Zusammenfliessen der Chlorophyllkügelchen zu einem spiraligen Bande entstehen. *Gottsche* (a. a. O.) widerspricht dem bestimmt, und, wie ich glaube mich überzeugt zu haben (an *Pellia epiphylla*), mit Recht. Sie weichen im ausgebildeten Zustande von allen andern Spiralfäden durch ihre tiefbraungelbe, an die Zellen der Gefässbündelscheiden bei den Farren erinnernde Farbe ab. Einige besondere Eigenheiten finden sich auch bei den Lebermoosen, so kommen bei den Marchantien Lufthöhlen vor, bei *Pellia epiphylla* ein eigenthümliches System von Intercellulargängen, welches nicht Luft, sondern gelbliche oder (bei *var. aeruginosa*) rothe Säfte führt*. Noch auffallender ist das von *Gottsche* in *Preissia commutata* entdeckte System von Röhrchen, welche in den Zellen verlaufen und scheinbar die Wände derselben durchsetzen; als einzige Analogie dafür lassen sich nur die Röhrenconvolute in den Wurzelzellen von *Neottidium nidus avis* (Bd. 1. S. 290 a.) anführen.

* Vergl. *Wiegmann's* Archiv. Jahrg. 5. Bd. 1. (1839). S. 280.

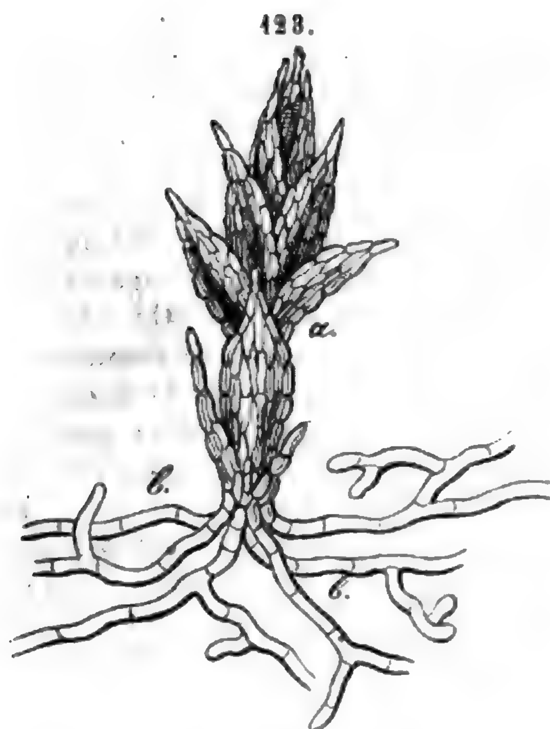
V. Laubmoose (*Musci frondosi*).

§. 100.

Die Sporenzelle dehnt sich aus, tritt so aus ihrer zerreissenden Hülle hervor, und indem sich an dem freien Ende neue Zellen erzeugen, bildet sich ein Geflecht von Fäden aus linienförmig aneinander gereihten cylindrischen Zellen (der Vorkeim, Proembryo). An einem Punkte dieses Geflechts bildet sich ein Knötchen rundlicher aneinander gedrängter Zellen, welches Knötchen sich aufwärts verlängernd zum Stengel wird, an welchem sich gleichzeitig Blätter bilden. Seltener bleibt das Pflänzchen so einfach (wie bei dem einjährigen *Phascum*, bei dem perennirenden *Polytrichum*), gemeiniglich zeigen sich in den Blattachseln kleine Knöspchen, wodurch sich der Stengel verästelt. Die Form der immer einfachen, flächenförmigen, niemals gelappten Blätter variirt zwischen fast rund und lang lanzettlich, bis linealisch, sie zeigen einen, zuweilen zwei von der Basis ausgehende Streifen, dichter, gedrängter und länger gestreckter Zellen (Nerven), die bald schon in der Mitte des Blattes aufhören, bald über das Blatt hinauslaufen; bei einigen, z. B. *Mnium punctatum* zeigen sich auch zwei Randnerven. Der Rand ist bald einfach, bald gezähnt oder gewimpert. Meist stehen die Blätter zerstreut (spiralig?) rund um den Stengel, zuweilen scheinbar zweizeilig, indem der ganze Stengel mit den Blättern flachgedrückt erscheint (z. B. *Neckera crispa*, *Hypnum undulatum etc.*). Bei wenigen Moosen stehen die Blätter wirklich zweizeilig und weichen dabei im Bau sehr ab, z. B. bei *Fissidens*. Hier ist der Flächentheil des Blattes zusammengefaltet und umfasst den Stengel mit dem folgenden Blatte, nach oben aber setzt es sich in eine einfache, von den Seiten flachgedrückte, schwertförmige Lamelle fort (ähnlich den Irisblättern). Bei vielen Moosen sind die gekrümmten Blätter besonders an der Spitze alle nach einer Seite geneigt (*folia secunda*), z. B. bei *Hypnum cupressinum*, *lycopodioides*, *scorpioides etc*. Vom ersten Erscheinen des Stengels an bilden sich an ihm, besonders häufig neben den Blättern mehr oder weniger zahlreich, längere oder kürzere Fäden aus cylindrischen Zellen (Haftfasern, *rhizinae*), die man unten Wurzeln oder Wurzelfäden, oben, besonders zwischen den Fortpflanzungsorganen, Saftfäden (*paraphyses*) genannt hat.

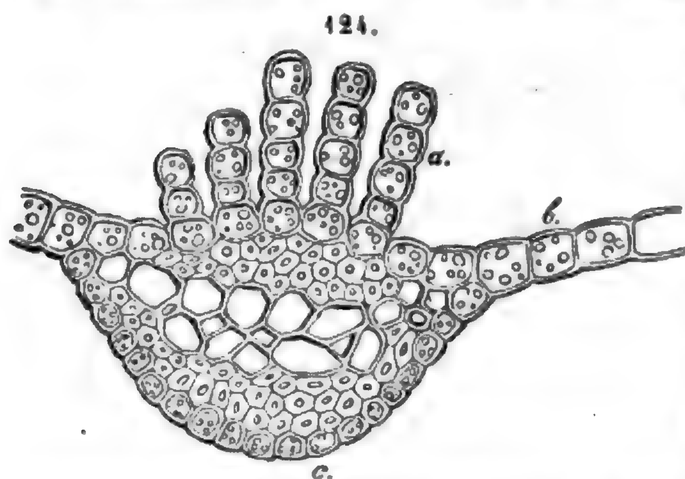
Unsre Kenntniss der Entwickelungsgeschichte des Mooses und somit der morphologischen Gesetze ist noch sehr mangelhaft. Ueber die Keimung haben wir noch immer nichts Genaueres, als die Untersuchungen von *Hedwig* *, obwohl phantasirende, angebliche Theorien genug zusammengeschrieben sind. Wenn eine Darstellung der Mooskeimung beginnt: »Bald nach der Aussaat entspinnen sich, wie es scheint, aus der Auflösung mehrerer zerfallender Keimkörner« u. s. w., so verliere ich schon alle Lust weiter zu lesen. Hier sieht man von vorn herein, dass es dem Verfasser nicht um klare, sichere Wiedergebung wissenschaftlich strenger Beobachtung, sondern nur um ein geistreich thuendes Schwatzen über oberflächliche und halbe Anschauungen zu thun war. Eine gründliche Wiederholung dieser Untersuchungen ist dringend zu wünschen, und bis das geschehen, bis namentlich das aus der Entwickelungsgeschichte sich ergebende morphologische Verhältniss von Blatt und Stengel nicht klar erkannt ist, lässt sich gar nichts Bedeutsames über die Formenlehre der Moose sagen. Eine kurze Uebersicht der nackten Thatsachen ist im Paragraphen gegeben. Der

* *Fundamenta hist. nat. musc. frond.* Leipzig 1782. *Theoria generationis et fructificationis plant. crypt.* Leipzig 1798. Das neueste Werk von *Bruch* und *Schimper* ist mir leider bis jetzt unbekannt geblieben. Ich weiss daher nicht, ob sie etwas mehr enthalten.



Vorkeim ist früher wohl als *Conferva castanea Dillw.* (bei *Schistostega osmundacea* als *Catoptridium smaragdinum*) beschrieben worden. Man hat später das Moos als aus zusammengewachsenen Conferven gebildet angesehen, meinend durch eine solche Begriffsverwirrung etwas verständlicher und begreiflicher zu machen.

Aus der Keimungsgeschichte wird wenigstens so viel klar, dass von einer Wurzel als morphologischem Gegensatz des Stengels hier nicht die Rede sein kann. Wenn man ein junges Pflänzchen z. B. von *Funaria hygrometrica* (123) isolirt, so zeigt sich dieselbe nach unten in die confervenähnlichen Zellen des Vorkeims (*b b*) aufgelöst oder vielmehr aus ihnen zusammengewachsen und nur nach oben (*a*) in morphologischer Bestimmtheit abgeschlossen. — Dies rechtfertigt die Bezeichnung der Laubmoose als wurzelloser Agamen. Meine Untersuchungen über die Entwickelung des Blattes zeigen wenigstens bei *Sphagnum* mit Sicherheit, dass der Begriff von Blatt und Stengel, wie ich ihn aufgestellt, auf die Moose seine volle Anwendung finden kann. Die Aeste ordnen sich oft unregelmässig an, besonders beim aufrechten Stengel (hier zuweilen gegipfelt), aber auch beim niederliegenden und schwimmenden; seltener (scheinbar) gefiedert (wie z. B. schon bei *Hypnum molluscum* und *Crista castrensis* u. a.) bei den meisten dem Boden angedrückten Stengelchen. Eigenthümlich und für die Artenbestimmung wichtig ist auch das Verhalten der sehr hygroskopischen Blätter beim völligen Austrocknen, wobei sie sich häufig auf eine ganz bestimmte sehr mannigfaltige Weise zusammenkräuseln (z. B. *Orthotrichum crispum*). Bei den im Wasser wachsenden Moosen bleibt oft der Mittelnerv nach Zerstörung der Blattsubstanz am Stengel als kleiner Stachel stehen (*caulis spinulosus*, z. B. bei *Fontinalis*). Bei einigen Moosen sind kleine Lamellen der Länge nach entweder auf den Mittelnerven (*Catharinea* [124], *Schistidium*) oder auf die ganze Blattfläche (*Polytrichum*) aufgesetzt. Selten finden sich an demselben Moose verschiedene Blätter, wie bei *Sphagnum*. Hier sind die Seitenäste in kleine Büschel zusammengestellt, zwei hängen gewöhnlich nieder, während die andern gerade abstehen; diese letztern haben stets anders geformte schmälere Blätter als die erstern, und gewöhnlich weichen beide gesetzmässig in ihrer Form von den Stengelblättern ab. Zuweilen weichen auch die beim Keimen zuerst entstandenen Blätter von den später an der ausgewachsenen Pflanze



123. *Funaria hygrometrica.* Das kleine Pflänzchen (*a*) ist aus den Fäden des Vorkeims (*b b*) so entstanden, dass nach unten kein abgeschlossenes Wurzelende zu bestimmen ist, indem sich hier die Pflanze geradezu in die Fadenzellen des Vorkeims auflöst.

124. Querschnitt durch den mittleren Theil des Blattes von *Catharinea undulata.* *a* Auf den Mittelnerven (*c*) aufgesetzte Längslamellen. *b* Blattzellen. Der Mittelnerv besteht aus stark verdickten bastähnlichen Zellen und von ihm eingeschlossenen weitern dünnwandigern.

sich bildenden (in welche ihre Formen allmälig übergeben) ab (123). Die Haftfasern entwickeln sich zuweilen auch aus den Blattzellen, z. B. bei *Calymperes*, *Syrrhopodon etc.*, und sind hier auch wohl als parasitische Conferven betrachtet, was offenbar keinen Sinn hat, da meistens die unmittelbare Entwickelung der einzelnen Blattzellen zu einer fadenförmigen Zelle der erste Anfang ihrer Bildung ist.

Vielfach sind in dieser Gruppe die Beispiele, dass einzelne Zellen sowohl des Stengels (*Mnium androgynum*) als auch der Blätter (*Syrrhopodon prolifer*) aus dem Individualitätsverbande der ganzen Pflanze sich trennend einen selbstständigen Zellenbildungsprocess einleiten, aus welchem ein zelliges Körperchen hervorgeht, das sich von der Pflanze ablöst und zu einer neuen Pflanze ausbildet. Man hat sie Brustknospen (*gemmae proliferae, bulbilli*) genannt. Es sind weder Knospen, noch Zwiebeln, sobald man mit diesen Worten bestimmte Begriffe verbindet und nicht etwa allen Gesetzen der Begriffsbildung zuwider so definirt: »Knospe ist jeder Körper, aus dem eine neue Pflanze hervorgehen kann, und welcher nicht Spore oder Same ist«. Die Untersuchungen über die Entwickelung dieser Zellen sind indess noch lange nicht vollendet. Das Beste darüber haben wir bis jetzt von *Meyen** für *Mnium androgynum* erhalten, woraus mit Sicherheit hervorgeht, dass eine einzelne Zelle des Stengelendes die Grundlage des neuen Individuums wird.

§. 101.

A. Bald terminale, bald laterale geschlossene Knöspchen aus mehreren, gewöhnlich schmäleren, etwas anders geformten Blättern und vielen oft im Innern der Knospe auch etwas abweichenden Haftfasern (Saftfäden, *paraphyses*) gebildet, lassen sich als besondere Hüllen gewisser Organe, die bestimmt sind, zur Sporenfrucht sich zu entwickeln, zusammenfassen als Blüthen (*flores*).

Es scheint mir in doppelter Hinsicht eine leere Spielerei zu sein, wenn man die Blüthen der Moose wesentlich eingeschlechtig und wesentlich zu einem Blüthenstand vereinigt ansieht, indem man ganz ohne allen Grund das, was uns die Natur als ein sich zu einem Ganzen abschliessendes Gebilde zeigt, nach völlig willkührlichen und unpassenden Analogien mit den höheren Pflanzen zertrennt, um es künstlich wieder zusammenzufügen. Bei unserer jetzigen Kenntniss der Moosblüthe ist wenigstens noch gar keine Andeutung vorhanden, dass bestimmte Theile in ihr wieder enger von der Natur verbunden seien und so die Ansicht von der Zusammensetzung der ganzen Blüthe aus einzelnen Blüthchen natürlich erscheinen liessen. Hier wie überall halte ich mich einfach an das, was die Natur wirklich giebt. Dann ist aber zweitens die Behauptung, dass alle Moosblüthen wesentlich unisexual seien, deshalb unpassend, weil zur Zeit überhaupt von *Sexus* bei den Moosen gar keine Rede sein kann; wenn auch selbst Fruchtkeime und Antheridien auf verschiedenen Pflanzen stehen, wie z. B. *Funaria hygrometrica* (125 *a*), so ist es doch zur Zeit noch eine ganz leere Fiction den letzteren irgend eine geschlechtliche Bedeutung zuzuschreiben. Uebrigens sind die Blüthenblätter der Moose keineswegs scharf von den Laubblättern, in welche sie gewöhnlich unmerklich übergehen, getrennt, und eine Kelchbildung kommt nicht vor, was wohl den wesentlichsten morphologischen Unterschied zwischen Laub- und Lebermoosen begründen

125.



125. *a Funaria hygrometrica* zwei junge Pflänzchen, *a* die Sporenfrucht (noch von der Calyptra (*c*) verhüllt und sehr jung) entwickelnd und *b* Antheridien tragend.

* *Wiegmann's* Archiv, Jahrg. III, 1837. Bd. 1, S. 421.

möchte. Auch aus diesem Grunde ist es unthunlich, Einzelblüthe und Blüthenstand bei den Moosen zu unterscheiden.

B. Die Anlage zur Sporenfrucht, der Fruchtkeim (*germen*), ist ein kürzeres oder längeres, ellipsoidisches, am Grunde stielförmig verdünntes Körperchen. Es besteht nur aus einer einfachen Zellenlage, die Hülle (*calyptra*), welche nach oben in ein längeres oder kürzeres, am Ende trichterförmig erweitertes Fädchen ausläuft und und einen ringsum freien und an der Basis befestigten Kern (*nucleus*) umschliesst. Dieser birgt unter einem einfachen Epithelium ein zartwandiges gleichförmiges und bildungsfähiges Zellgewebe.

Der Fruchtkeim der Moose ist dem der Lebermoose so auffallend gleich, dass, was für einen gesagt ist, auch für den andern gilt.

Leider stehen wir hier gleich an einer so wesentlichen Lücke, dass alle unsre morphologischen Deutungsversuche für das Folgende, auch wo sie nicht offenbare Träumereien sind, völlig haltungslos in der Luft schweben, so dass es entschieden überall nicht der Mühe lohnt weiter zu gehen, als die nackte Thatsache uns führt. Wie ist das *germen* entstanden? Ist die Trennung in *nucleus* und *calyptra* ursprünglich oder aus einem continuirlichen Zellgewebe erst später hervorgegangen? Ist *nucleus* oder *calyptra* zuerst gebildet? In welchem Verhältniss stehen beide Theile zu Blatt und Stengel? u. s. w. Das alles sind Fragen, deren Beantwortung durch eine sorgfältige Entwickelungsgeschichte unerlässlich vorhergehen muss, ehe an ein wissenschaftliches Verständniss der Mooskapsel auch nur entfernt zu denken ist. Dass Benennungen wie *stylus* und *stigma* für das fadenförmige Ende der *calyptra*, da sie nach morphologischen und physiologischen Merkmalen bestimmte Organe der Phanerogamen bezeichnen, hier eben so nichtssagend als falsch sind, versteht sich ganz von selbst. Das innere Zellgewebe des *nucleus* besteht in den frühesten Zuständen, die bis jetzt beobachtet sind, noch aus wenigen (auf dem Querschnitt oft nur aus etlichen zwanzig) Zellen. Aus ihm entwickelt sich Deckelchen, Mündungsbesatz, Kapselwand, Mittelsäulchen und die bald wieder verschwindenden Sporangien, und endlich die Sporen, woraus zur Genüge die Falschheit des Ausdrucks *massa sporigena*, den man diesem Zellgewebe beigelegt hat, folgt*. Ueber das fadenförmige Ende der *calyptra*, den unpassend sogenannten *stylus*, herrschen noch grosse Zweifel, ob es ein Canal, oder eine dichte Masse, und wenn ersteres, ob von Anfang hohl, oder erst in Folge späterer Ausdehnung einen Canal bildend sei. Alles das lässt sich sicher nur durch die Entwickelungsgeschichte entscheiden. Für die ursprüngliche Verschiedenheit der Hülle und des Kerns spricht allerdings sehr, dass sich später an der aus dem Kern sich hervorbildenden Sporenfrucht eine entschiedene Oberhaut entwickelt, da es bis jetzt wenigstens ohne Beispiel ist, dass eine aus dem ursprünglichen Verbande mit andern Zellen heraustretende Zellenlage zu einer Oberhaut sich umgewandelt hätte. Wenn dagegen *Bischoff*** behauptet, der von *Mohl* gebrauchte Ausdruck »Oberhaut« passe hier nicht, weil die morphologische Bedeutung dagegen spreche, so weiss ich nicht, was er damit meint, da, wie eben gezeigt, von morphologischer Deutung der Sporenfrucht noch gar nicht die Rede sein kann. Dagegen macht der einfache Zellenbau des Kerns es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass er nur ein einfaches Organ ist und dass alle an der Sporenfrucht erscheinenden Gliederungen nur durch innere Trennungen, zum Theil rein mechanischer Art, entstandene Theile einer und derselben Gewebemasse, eines und desselben Organs sind. Auf jeden Fall ist aber die Deutung der Kapsel als aus so viel Blättern verwachsen, wie das Peristom Zähne zeigt, wie

---

* Man könnte eben so gut den Eidotter *massa pterygogena* nennen, weil der Vogel unter Anderm auch Federn hat.

** Handbuch der Terminologie, S. 687, Bemerk. 33.

von Vielen, z. B. *Bischoff** geschieht, im höchsten Grade verkehrt. Denn wie oben bemerkt hat der ganze Querschnitt des *nucleus* (der ausser den Zähnen doch auch noch die Mittelsäule und die Sporen bilden soll) im jugendlichen Zustande nicht einmal so viele Zellen als später Zähne vorhanden sind, und wenn man noch so bescheiden in seinen Ansprüchen ist, muss man doch für jedes Blatt in der ersten Anlage wenigstens eine Zelle fordern, abgesehen davon, dass für das innere Peristom wegen der Structur desselben die Sache völliger Unsinn ist und das überhaupt die ganze Behauptung schon deshalb fällt, weil sie blosse Fiction ist**.

C. Bei der Entwickelung der Fruchtanlage reisst die *calyptra* am Grunde ab und wird von dem sich erhebenden Kern in die Höhe gehoben, verwelkt und bleibt so längere oder kürzere Zeit auf der Sporenfrucht hängen, durch deren Ausdehnung sie zuweilen auch seitlich aufspaltet. Fast immer bleibt ein Stückchen der *calyptra* an der Basis des Kerns zurück, und dieses in Verbindung mit der sich etwas entwickelnden Stengelspitze (Fruchtboden) bildet eine kleine Scheide (*vaginula*) um die Basis der Sporenfrucht. An dem Kern muss man eine *a*) obere, *b*) mittlere und *c*) untere Zellgewebsmasse unterscheiden, die sich auf verschiedene Weise *a*) zum Stiel (*seta*), *b*) zur Büchse (*theca*) und *c*) zu Deckel und Mundbesatz (*operculum* und *peristomium*) entwickeln.

a) Das untere Zellgewebe streckt sich nämlich in die Länge und bildet so einen fadenförmigen Träger für die übrigen, zuweilen geht er durch eine allmälige Anschwellung in das mittlere über, der Hals (*collum*), oder bildet eine schärfer abgesetzte Verdickung von verschiedener Form, der Ansatz (*apophysis*, besonders ausgezeichnet bei *Splachnum*).

b) Die mittlere Portion bildet ein becherförmiges bist fast cylindrisches, selten stumpf vierkantiges oder planconvexes Organ und entwickelt sich zu verschiedenen Lagen: 1. zu einer centralen bald cylindrischen, bald mehr kugeligen Zellenmasse, das Mittelsäulchen (*columella*), 2. zur Büchsenwandung und 3. zu einem zwischen beiden liegenden zartzelligen Gewebe, dessen Zellen als Sporangien vier (?) Sporen in sich entwickeln, dann aber aufgelöst und resorbirt werden, so dass die Sporen an dieser Stelle frei liegen. Jede Sporenzelle sondert noch innerhalb des Sporan-

---

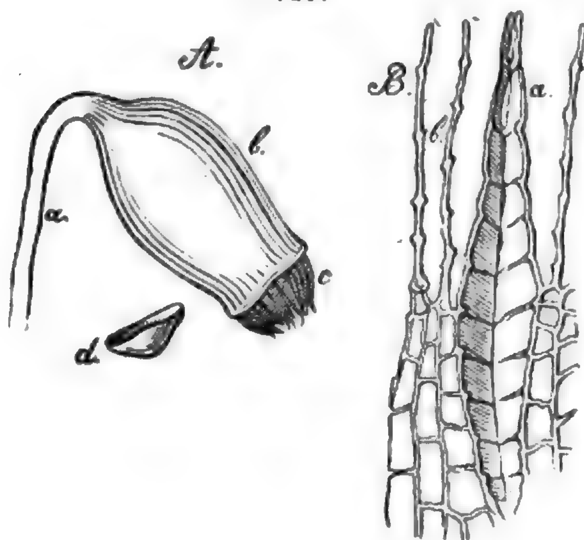
* Handbuch der Botanik Bd. I, S. 430 u. 31.

** Es muss völlig unbegreiflich bleiben, wie selbst so verständige Männer und tüchtige Beobachter, wie *Bischoff*, sich diesen kindischen Tändeleien mit Vergleichungsspielen hingeben können, wenn man nicht die Geschichte der neuen Philosophie seit *Kant* studirt und erkannt hat, welchen verderblichen Einfluss das geistreich scheinende und seicht seiende Geschwätz (vergl. *Fries:* Reinhold, Fichte und Schelling. Leipzig 1803), welches *Schelling* für Naturphilosophie ausgab, auf die Entwickelung unsrer Wissenschaft ausgeübt hat. Einige hohle Formelspiele in solch nichtssagender Allgemeinheit, dass sie auf Alles passten, verbrämt mit tändelnden Vergleichungen eines oberflächlichen Witzes, der bei weitem häufiger als der wissenschaftliche Scharfsinn sich findet, genügten, um der grossen Masse derer, die gern wissen möchten ohne lernen zu müssen, den angenehmen Wahn beizubringen, als hielten sie die Wissenschaft bei allen vier Zipfeln. Leider macht auch in der Wissenschaft gar oft die Masse stark; wer es versteht, der Menge Sand in die Augen zu streuen, wird wenigstens eine Zeitlang als bedeutend angestaunt, und demjenigen, der durch die Bearbeitung eines speciellen Zweiges der Wissenschaft gehindert ist, selbstdenkend die philosophischen Grundlagen durchzuarbeiten, wird es schwer, wo nicht unmöglich, sich dem allgemeinen Taumel einer philosophischen Modethorheit zu entziehen. So sind selbst ausgezeichnete Köpfe dem ersten und strengen wissenschaftlichen Erforschen der Natur entfremdet worden, und im Zeitvorurtheil befangen ihre Thätigkeit für etwas Philosophisches und somit Wissenschaftliches haltend, haben sie ihre beste Zeit in Träumereien einer herrenlosen Phantasie verloren.

giums eine eigenthümliche Haut ab, die bald glatt, bald mit grössern oder kleinern Wärzchen und Areolen besetzt ist. Die Büchsenwand selbst besteht zu äusserst aus einer Oberhaut, auf welche einige Lagen zartwandigen, dichtgedrängten Zellgewebes folgen, Aussenhaut (*membrana externa*); zu innerst die Sporen umschliessend, einige Lagen dichtgedrängten Zellgewebes, die Innenhaut (*membrana interna*). Zwischen beiden liegt eine Schicht äusserst lockern, oft fast fadenartigen, schwammförmigen Zellgewebes, welches bei der reifen Sporenfrucht zuweilen schon resorbirt ist.

c) Die obere Zellgewebsportion des Kerns bildet sich zu so verschiedenartigen Zellenformen aus, dass sie sich beim Austrocknen durch ungleiches Zusammenziehen und Losreissen homogener Zellenreihen von heterogenen theils in der Richtung von Innen nach Aussen, theils in der seitlichen Richtung in mehrere Theile sondert. Zu äusserst trennt sich von der obern Portion des Kerns und zugleich von der Büchse eine Schicht festeren Zellgewebes in Form eines Deckelchens (*operculum*) bald flacher, bald convexer oder zugespitzt und geschnäbelt. Schräge von Unten und Aussen nach Oben und Innen zwischen Büchse und Deckelchen eingeschoben trennt sich bei den meisten Moosen eine ringförmige Lage von drei bis vier Zellenreihen (*annulus*). Zu innerst setzt sich natürlich die *columella* aus der Büchse bis in die Spitze des Deckelchens fort. Ihr Ende erscheint beim Abfallen des Deckelchens zuweilen als eine Scheibe oder als eine Membran, welche die ganze Oeffnung der Büchse (*stoma*) verschliesst. Das noch übrige Zellgewebe zwischen dem Ende des Mittelsäulchens und dem Deckelchen bildet sich zu einem eignen sehr hygroskopischen Gewebe aus und trennt sich auf mannigfaltige Weise, entweder nur seitlich in 4—64 spitz zulaufende Lappen, Zähne (*dentes*), oder zugleich von Innen nach Aussen, so dass zwei Reihen solcher Läppchen sich zeigen, von denen die innern dann, breiter und mit den Zähnen abwechselnd = Fortsätze (*processus*), schmäler dagegen und zwischen den Fortsätzen = Wimpern (*cilia*) genannt werden. Zuweilen bleibt die innere Schicht ganz oder theilweise in einer Membran zusammenhängen, seltner die äussere. Die Zellen der äusseren Läppchen zeigen fast alle die Eigenheit, dass ihre untern und obern Wände unverhältnissmässig verdickt werden, so dass die durch dieselben gebildeten horizontalen Scheidewände beim Eintrocknen der Zellen seitlich, sowie nach Aussen und Innen hervorragen und dann als Querbalken (*trabeculae*) bezeichnet werden. Die inneren Läppchen, selbst wenn sie als Membran zusammenhängen, sind stets nur Reste zerrissener Zellen.

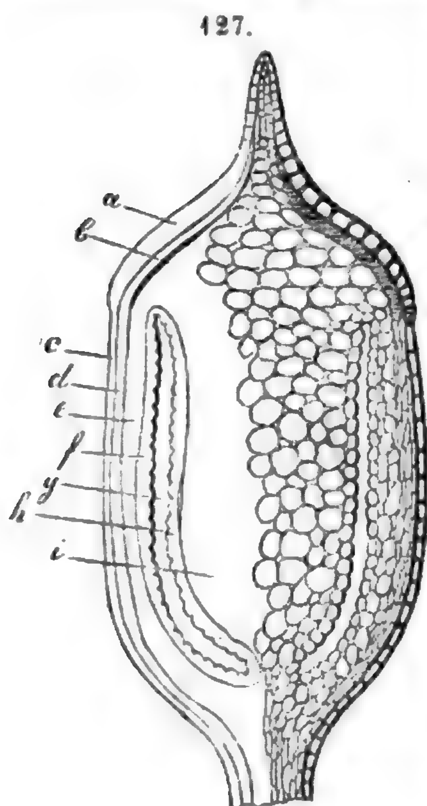
126.



Ich habe hier die Entwickelungsgeschichte der Fruchtanlage nach allerdings verhältnissmässig sehr wenig umfangreichen und noch sehr unvollständigen eignen Untersuchungen gegeben. Zur Erläuterung der Ausdrücke für die einzelnen Theile der reifen Kapsel theile ich hier die Analyse der Sporenfrucht von *Hypnum abietinum* (126) mit. Meine Untersuchungen möchten indess mit dem, was hin und wieder von

126. *Hypnum abietinum*. *A* oberer Theil der *seta* (*a*) mit der Büchse (*b*), dem Mündungs-

Andern mitgetheilt ist*, zusammen hinreichen, um die angegebene Darstellung zu rechtfertigen. Dass hier noch bedeutende Lücken sind, dass noch unzählige Fragen sich aufdrängen, besonders für die Entstehungsweise der einzelnen Zellen und Zellenmassen, liegt klar vor. Was zunächst aus dem schon Bekannten hervorgeht, ist, dass, soweit uns die Bildungsgeschichte bekannt ist, nur Zerreissung einer continuirlichen Zellgewebsmasse, aber nirgend eine Verwachsung getrennter Theile sich zeigt, dass es also bis jetzt noch wissenschaftlich ohne Sinn ist, die Mooskapsel als aus verschiedenen Stücken verwachsen zu betrachten. Der sehr einfache Bau der Fruchtanlage macht es freilich ebenfalls im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass man einmal ihn als aus verschiedenen Theilen zusammenwachsend erkennen werde. Der zweite Punkt, der hier anzudeuten, ist der, dass die Fruchtanlage von Innen nach Aussen continuirliches Zellgewebe ist und deshalb die Ausbildung in verschiedenzellige Lagen sich durchaus nicht nothwendig durch die ganze Länge erstrecken muss. Es ist blosses Vorurtheil, wenn man das äussere Peristom als der äusseren, das innere als der innern Membran angehörend ansieht. Die Anatomie der meisten der Reife nahen Mooskapseln** zeigt entschieden, dass Peristom und Büchsenwandung nicht in näherer Beziehung stehen, als überhaupt Zellen eines Pflanzentheils zu einander. Deutlich zeigt sich dies z. B. am Längsdurchschnitt einer unreifen Kapsel von *Grimmia apocarpa* (127). Von einseitiger und falscher Betrachtung der reifen Frucht ausgehend, hat man sich aber gewöhnt, alle diese anatomischen Einzelheiten als besondere Organe anzusehen und dann nach einer gesetzmässigen Zusammenordnung für sie zu suchen, während die richtige Betrachtungsweise zeigt, dass wir es nur mit allerdings ziemlich regelmässigen Fetzen Eines zerrissenen Organes zu thun haben. Hätte man sich die Mühe gegeben, statt angebliche Theorien zu erträumen, lieber etwas genauer zu untersuchen, so würde man wenigstens beim innern Peristom bald gefunden haben, dass hier für viele der lächerlichsten Hypothesen kein Raum sei. Bei den Peristomen muss man unterscheiden, ob die dritte obere Portion der Fruchtanlage einen bedeutenderen Theil der ganzen Länge einnimmt, so dass sich das Peristom in verticalen Zellenreihen entwickeln kann, wie bei den meisten, oder ob es nur, wie bei den Polytrichoideen u. a., die flache obere Endung der Büchse ist und daher mehr eine Ausbildung in horizontalen Schichten erfolgt. Hier ist denn das innere Peristom oder die häutige Ausbreitung des Mittelsäulchens dasselbe und aus einer Zellgewebs-



besatz (*c*) und daneben dem Deckelchen (*d*). *B* Ein Theil des innern Mündungsbesatzes mit Fortsätzen (*a*) und Wimpern (*b*).

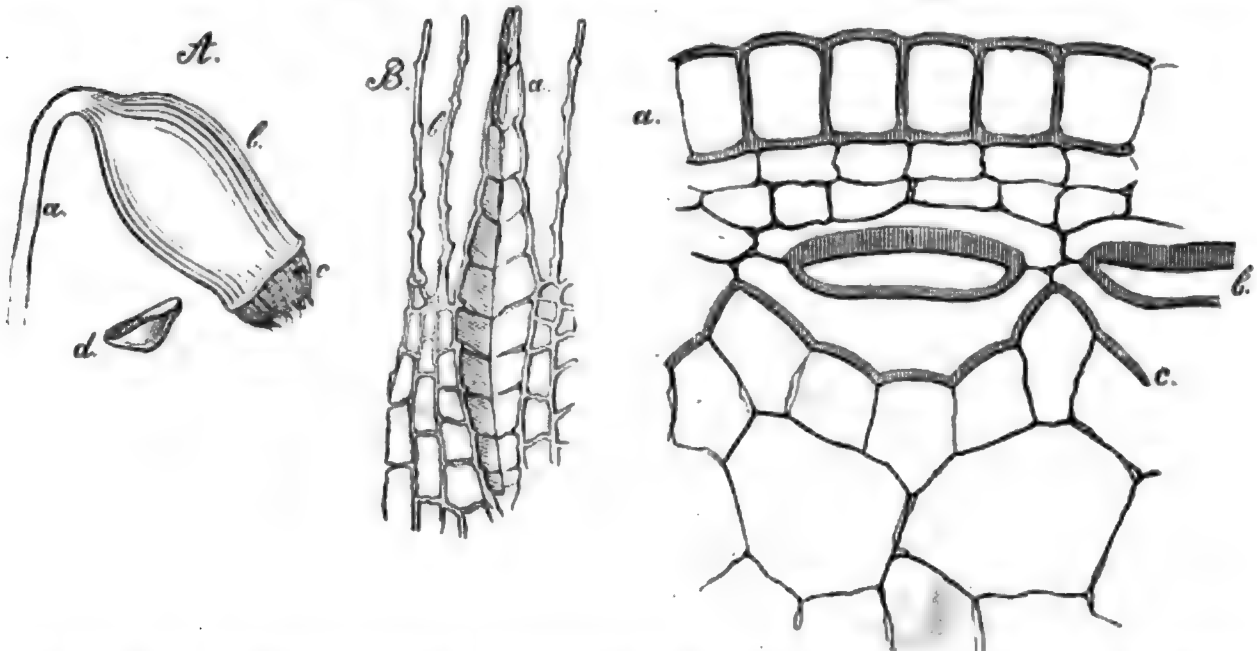
127. *Grimmia apocarpa.* Längsdurchschnitt durch eine unreife Sporenfrucht. Nur an der rechten Seite sind die Zellen ausgezeichnet, *a* Deckelchen. *b* Zähne des einfachen Mündungsbesatzes. *c* Oberhaut. *d* Aeussere, *e* mittlere Schicht der Büchsenwand, erstere aus langgestreckten, letztere aus sehr lockeren Zellen bestehend. *f* Innerste Schicht der Büchsenwand den Raum *g* begrenzend, in welchem die Sporen liegen. *h* Aeussere Schicht des Mittelsäulchens ebenfalls die Sporenhöhle begrenzend. *i* Zellgewebe des Mittelsäulchens ziemlich locker.

---

* Insbesondere *H. Mohl* über die Sporen der Kryptogamen (Flora 1833, Bd. 1, S. 33.). Entwickelungsgeschichte der Kapsel und Spore von *Oedipodium Griffithianum etc.* von *W. Valentine* (*Ann. of Nat. History. Aug.* 1839, *p.* 456) u. s. w.

** Man vergl. die wunderschönen Darstellungen bei *H. Mohl* a. a. O.

lage gebildet. Bei den übrigen dagegen bildet sich nach Innen von der Wand des Deckelchens eine einfache (?) Zellenschicht zum äusseren Peristom aus, darauf folgt nach Innen eine Lage, deren Zellen auf dem Querschnitt alle, oder abwechselnd mit andern, spitzen gleichschenkeligen Dreiecken gleichen, deren Basis abwechselnd nach Aussen oder nach Innen liegt. An diesen Zellen verdicken sich vorzugsweise die horizontalen und die seitlichen verticalen Scheidewände, die äussern und innern Wände dagegen verwachsen mit den anliegenden Zellen und reissen dann später von den andern Wänden ab; so entsteht bei einer gewissen Regelmässigkeit die gefaltete Membran bei *Buxbaumia*, *Dyphyscium etc.* Liegen dagegen zwischen den auf dem Querschnitt keilförmigen Zellen abwechselnd andere (*Hypnum abietinum*, 128, 129),



so bilden die stehenbleibenden Seitenwände der erstern die Fortsätze, die stehenbleibenden Seitenwände der letztern die Wimpern, z. B. *Hypnum*, *Bryum*. Aber weder bei der Bildung der gefalteten Membran, noch bei der der Wimpern und Fortsätze (so weit sie von Innen nach Aussen frei sind) concurrirt je eine vollständige, geschlossene Zelle. Hier ist aber noch ein weites Feld für umfassendere und genauere Untersuchungen, als mir bis jetzt möglich waren*.

Ich darf hier eine Ansicht nicht unerwähnt lassen, die von dem scharfsinnigen *Rob. Brown*** zuerst aufgestellt ist, nämlich, dass bei den meisten Peristomen die gesetzmässige Zahl der Zähne 32 sei, und dass, wenn weniger vorhanden sind, diese als Verwachsungen mehrerer Zähne angesehen werden müssen. Auf den ersten Anblick hat diese Ansicht Vieles für sich. Aber einmal ist der Umstand misslich, dass dieses Gesetz nicht auf die Moose anzuwenden ist, deren Peristom eine grössere Anzahl von Zähnen zeigt, und dann zeigt die Entwickelungsgeschichte der Mooskapsel, dass, soweit unsere Kenntniss reicht, von Verwachsungen überhaupt nicht die Rede sein

128. *Hypnum abietinum*. *A* oberer Theil der *seta* (*a*) mit der Büchse (*b*), dem Mündungsbesatz (*c*) und daneben dem Deckelchen (*d*). *B* Ein Theil des innern Mündungsbesatzes mit Fortsätzen (*a*) und Wimpern (*b*).

129. *Hypnum abietinum*. Querschnitt durch die noch grüne Sporenfrucht in der Gegend wo Wimpern und Fortsätze am Grunde zusammenhängen. *a* Eine Lage verdickter Zellen, welche das Deckelchen bildet. *b* Einzelne Zellen, die Zähne des äussern Mündungsbesatzes bildend. *c* Verdickte Wände, von einer Zellenreihe, welche die Wimpern und Fortsätze bildet, letztere bestehen aus den Theilen, welche in Form eines gothischen Bogens nach Aussen hin vorspringen.

* Vergleiche auch *Lantzius-Beninga* Beiträge etc. (Botanische Zeitung 1847, Sp. 17 ff.)

** *Rob. Brown's* vermischte Schriften, herausgegeben von *N. v. Esenbeck*, Bd. 2, S. 734.

kann, sondern nur von mehr oder weniger regelmässigen Zerreissungen. Endlich ist die Gesetzmässigkeit in der Zahl der Zähne keineswegs so unabänderlich fest, wie Manche anzunehmen scheinen, denn man findet gar nicht selten Peristome, bei denen ein Zahn zu wenig ist, besonders aber bei den Moosen, wo die Zahl der Zähne über 32 hinausgeht. Was indess immer auffallend ist, ist die fast gesetzmässige Theilbarkeit der Zahl der Zähne durch vier. Hierfür scheint der Grund tief in der Natur der Pflanzenzelle begründet und somit für die Zähne schon in ihrer ersten Bildung gegeben zu sein. Stellen wir z. B. die Zellenvermehrung bei einigen Algen, z. B. *Meyen's Tetraspora*, die fast constante Bildung von vier Sporen und Pollenkörnern in einer Mutterzelle und einige andere Thatsachen zusammen, so scheint darin eine Andeutung zu liegen, dass eine Mutterzelle stets zwei oder vier neuen Zellen das Dasein giebt, dass daher bei einer beschränkten, aber ungestörten Bildung die entstandenen Zellen und eben so bestimmte Gruppen von Zellen beinahe gesetzmässig durch zwei oder vier theilbar erscheinen müssen. Es ist freilich hier nur eine Andeutung zu suchen, und es würde leere Spielerei sein, schon jetzt ein folgereiches Gesetz auf so schwachem Grunde erbauen zu wollen.

Es finden sich übrigens manche Abweichungen bei der Entwickelung der Sporenfrucht. Bei *Sphagnum* durchbricht das auswachsende *Germen* die Calyptra nach Oben, statt sie vom Grunde loszureissen, bildet aber keine lange Seta. Bei den sogenannten *Astomis* entwickelt sich der obere und mittlere Theil der Fruchtanlage zu einer einfachen, rings geschlossenen und erst später unregelmässig aufreissenden Büchse, z. B. *Phascum*. Sehr verschieden ist gerade auch bei diesen die Menge Zellgewebes, welche als Mittelsäulchen stehen bleibt, so dass zuweilen bei der reifen Sporenfrucht kaum eine Spur desselben vorhanden zu sein scheint. Bei *Andreaea* bildet sich eine einfache Büchse, die der Länge nach in vier Lappen zerreisst, welche an der Spitze und Basis vereinigt bleiben. Endlich bei einem grossen Theil der Moose bildet das obere Drittheil der Fruchtanlage nur das Deckelchen, ohne sich weiter im Innern verschiedenartig auszubilden, allen diesen fehlt daher ein Peristom. *Meyen* will gesehen haben, dass sich die Sporen auf ähnliche Weise wie bei den Lebermoosen auch bei *Sphagnum* am Ende eines Zellenfadens durch Selbsttheilung einer Mutterspore bilden. Ich habe die Fäden nie finden können, aber leicht gelang es mir in jüngern Zuständen aus der Mutterzelle (*Sporangium*) vier ganz freie von ihr umschlossene Sporen herauszudrücken. Endlich zeigen einige Polytrichoideen noch eine Abweichung darin, dass zwischen der innern Haut der Büchse und dem Mittelsäulchen vier Plättchen dichten Zellgewebes stehen bleiben, welche bis nahe zur Reife der Sporenfrucht den für die Sporen bestimmten Raum in vier Theile theilen. Noch viele interessante Einzelheiten finden sich ferner bei *Rob. Brown**. Sehr interessante Beiträge über die Entwickelung der Sporen haben wir kürzlich von *Lantzius-Beninga*** erhalten. Das wesentliche Resultat dieser Arbeit ist, dass die Schicht der Fruchtanlage, aus welcher später die Sporen hervorgehen, ursprünglich nur aus einer einfachen Zellenlage besteht, deren Zellen als Mutterzellen dastehen. *Meyen* sagt (Physiologie Bd. 3, S. 387): »*Rob. Brown* scheine der Meinung gewesen zu sein, dass die Moossporen in den Zellen des Mittelsäulchens gebildet würden.« *Palisot de Beauvois* hatte behauptet, die ächten Moossporen bildeten sich in der *columella*, die lose um dieselben gelagerten Körner seien der Pollen. Gerade gegen diese falsche Ansicht ist der Aufsatz von *Rob. Brown* (Vermischte Schriften S. 685) gerichtet und wird dieselbe auch mit gewohnter Sicherheit und Gründlichkeit völlig beseitigt.

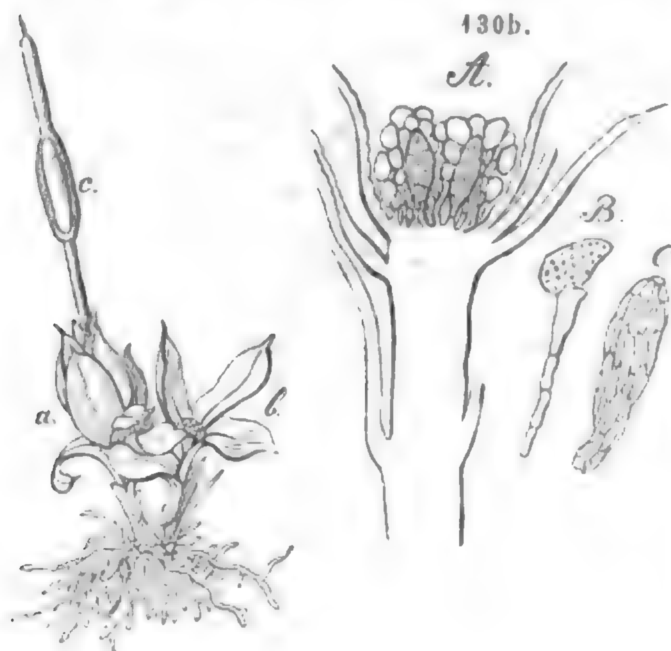
D. Kleine Knöspchen, den unter A. erwähnten gleich oder (bei *Polytrichum*, *Splachnum*) scheibenförmig, enthalten noch ein eignes Organ (*antheridium*), wel-

---

* *R. Brown*, Vermischte Schriften, herausgegeben von *N. v. Esenbeck*, Bd. 2, S. 682—744.
** *De evolutione sporidiorum in capsulis muscorum*. Göttingen 1844.

ches wie bei den oben genannten auch wohl mit Fruchtanlagen zugleich in derselben Blüthe vorkommt. Der früheste Zustand, der bis jetzt beobachtet ist, zeigt ein kleines ellipsoidisches, länger oder kürzer gestieltes, zelliges Körperchen mit einer trüben, undurchsichtigen Stelle im Innern. Etwas später unterscheidet man bestimmt eine einfache Zellenlage, welche eine grosse Centralzelle umschliesst, die mit trübem Bildungsstoffe erfüllt ist. Hier zeigen sich später Cytoblasten und endlich füllt sich die ganze Centralzelle völlig mit einem dichten, sehr zartwandigen Zellgewebe. In jeder Zelle entwickelt sich dann ein Spiralfaden von zwei bis drei Windungen. Bei völliger Ausbildung sind die Spiralfäden lose in ihrer Zelle und zeigen dann unter Wasser eine rasche Bewegung um ihre Axe, die auch der freie Spiralfaden nach Zerstörung der Zelle eine Zeitlang beibehält und dadurch im Wasser sich fortbewegt. Bei vorigjährigen Pflänzchen findet man diese Organe oft noch zusammengetrocknet und, wie es scheint, ihres Inhalts durch eine oben entstandene Oeffnung beraubt.

Als Beispiel gebe ich hier die Antheridien von *Funaria hygrometrica* (130^a, *b*. und und 130^b). Einige unwesentliche Nebensachen ausgenommen, ist das im Paragraphen mitgetheilte Alles, was wir von diesen Organen, die viel Verwirrung in die Wissenschaft gebracht haben, wissen. So viel folgt daraus mit völliger Sicherheit, dass sie weder in ihrer Bildungsgeschichte, noch in ihrer Structur, noch in ihrem physiologischen Verhalten die allergeringste Analogie mit den Antheren* der Phanerogamen zeigen, dass also die Anwendung dieser Benennung auf sie und alle darauf begründeten Träumereien (angebliche Theorien) völlig unbegründet und folglich nicht in die Wissenschaft gehörig sind. Vor mir hatte noch kein Beobachter der für die Bedeutung des Ganzen so wesentlichen Centralzelle erwähnt, die so leicht zu erkennen und z. B. bei *Sphagnum* lange vor Ent-



130 *a.* *Funaria hygrometrica* zwei junge Pflänzchen *a* die Sporenfrucht (noch von der Calyptra *c* verhüllt und sehr jung) entwickelnd und *b* Antheridien tragend.

130 *b.* Längsschnitt durch eine sogenannte männliche Pflanze von *Funaria hygrometrica* (*b* der Fig. 130 *a.*). *A* Auf der Spitze des Stengels stehen umgeben von Saftfäden (*B*) die Antheridien *C*.

* Da es im höchsten Grade fehlerhaft ist, diese und die analogen Gebilde bei den Lebermoosen Antheren zu nennen, da sie gleichwohl eine eigne Bezeichnung verdienen, so behalte ich hier den schon von Vielen gebrauchten Ausdruck Antheridien bei, so unzweckmässig er auch gebildet ist, um den Wust der Terminologie nicht noch mit einem neuen Wort zu vermehren. Ich bemerke ausdrücklich, dass hier, wie überall, die Etymologie gar keinen Einfluss auf die Begriffsbestimmung hat, welche ein Kunstausdruck allein durch wissenschaftliche Definition gewinnt. Für diese letzte ist eben der technische Ausdruck nur das durch Sprache und Schrift leicht mittheilbare Zeichen, welches ohne die beigegebene Definition in dieser bestimmten Wissenschaft überall gar keinen Sinn haben würde. Die besten termini sind immer solche, deren etymologische Bedeutung in gar keiner Beziehung zur Sache steht und die uns so bei fortschreitender

stehung des Zellgewebes mit der grössten Leichtigkeit isolirt darzustellen ist. Eben so ist das zarte Zellgewebe selbst, welches nothwendig der Bildung der Spiralfäden vorangeht und mir viel wesentlicher zu sein scheint, als jene, von den meisten Beobachtern als eine Nebensache behandelt worden, weil sie sich aus dem einmal eingelernten Vorurtheil, das ganze Organ als ein Pollenbläschen, den Inhalt als Befruchtungsstoff (*fovilla*) zu betrachten, ihren eignen Sinnen zum Trotz nicht herausfinden konnten. Insbesondere sind es die Spiralfibern, die wegen der beobachteten Bewegung das meiste Aufsehn gemacht haben und sogleich zu Saamenthierchen erhoben wurden. Nach meinen eignen sorgfältigen Beobachtungen an *Polytrichum* habe ich jene Bewegung nie sehen können, wenn nicht zugleich Wasser mit auf den Objectträger gebracht wurde. Bei Anwesenheit desselben zeigten die Fäden eine rasche Bewegung um die Axe der Spirale, wodurch natürlich der aus der Zelle befreite Faden nach dem Gesetz der Archimedischen Schnecke eine fortschreitende Bewegung annahm; eine andere Bewegung, namentlich eine Veränderung der Windungen, wie viele Beobachter behaupten, zu sehen, ist mir nie geglückt. Die Form betreffend fand ich Fäden, die an einem Ende ein kugeliges Köpfchen hatten, oder eine längliche, allmälig in den Faden sich verlierende Anschwellung oder eine kugelige Anschwellung unterhalb des einen Fadenendes, oder endlich ein kugeliges Köpfchen, etwas davon entfernt eine längliche Anschwellung und weiter unten abermals eine kugelige Anschwellung. Ich halte alle diese Formen, von denen ich die beiden letzten am wenigsten häufig beobachtete, für durch anhängenden Schleim entstandene ganz unwesentliche Unregelmässigkeiten, nicht aber für Köpfe angeblicher Saamenthierchen, auch sah ich, wo ein einfaches Köpfchen vorhanden war, eben so oft eine fortschreitende Bewegung mit dem spitzen Ende voran, als umgekehrt. Man vergleiche hierzu die Kupfertafel I, Fig. 9 und 10 mit der Erklärung. Die ausführliche Darstellung der Ansichten derer, die hier Saamenthierchen zu finden glauben, kann man bei *Meyen** nachlesen, wo auch die Abweichungen in den Beobachtungen Anderer bemerkt sind.

Ueber die morphologische Bedeutung dieser Theile werde ich später bei der Saamenknospe der Phanerogamen eine Vermuthung wagen; von ihrer physiologischen Bedeutung wissen wir noch gar nichts.

§. 102.

Die Structurverhältnisse der Moose sind noch sehr einfach. Der Stengel zeigt indess bei den meisten schon einen geschlossenen Kreis länger-gestreckter, theils engerer ganz dickwandiger, theils weiterer sehr dünnwandiger Zellen (Gefässbündelkreis), welcher die eingeschlossene Parenchymmasse (Mark, *medulla*) von der äusseren (Rinde, *cortex*) trennt. Die Blätter bestehen meist aus einer einfachen Lage tafelförmiger Parenchymzellen, die oft seitlich poröse Wände haben, z. B. *Dicranum*. Die obere und untere Wand zeigt nicht selten eine papillenartig hervorragende Verdickung, z. B. *Orthotrichum crispum*. Der Nerv besteht entweder nur aus einigen Lagen etwas länger gestreckter Zellen, oder aus zwei Bündeln langgestreckter sehr dickwandiger Zellen, die sich oben und unten auf die Blattzellen legen, oder endlich aus einem förmlichen Gefässbündel, nämlich einem grossen Bündel der eben beschriebenen (Bast-?) Zellen, welches langgestreckte, weite und dünnwandige Zellen (Gefässe) umschliesst, entweder wie bei *Catharinea* zwischen die beiden Hälften des einschichtigen Blattes eingeschoben, oder wie bei *Polytri-*

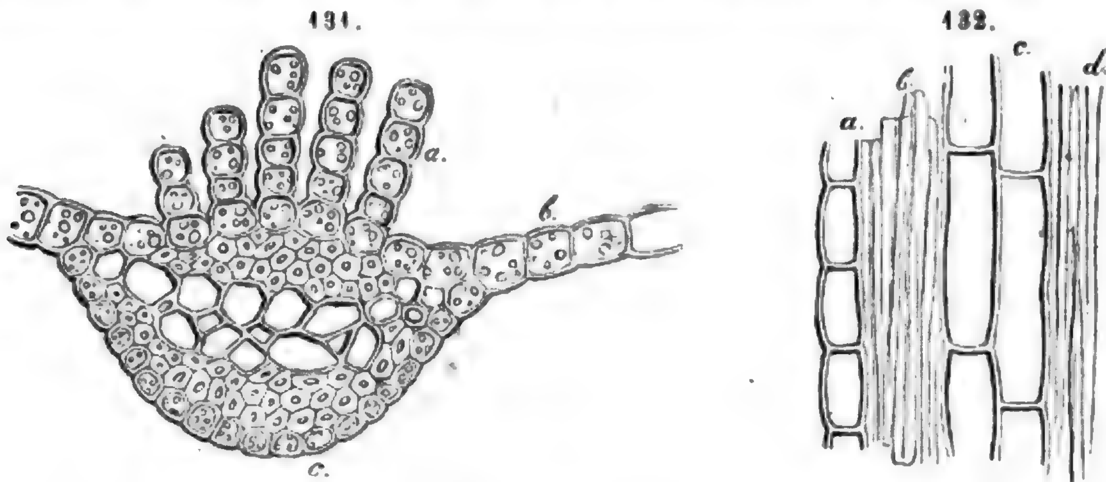
Wissenschaft alles philologischen Gesaalbaders, daraus hervorgehender, angeblich wissenschaftlicher Verbesserung des Kunstausdrucks und daraus wieder nothwendig entstehender Unsicherheit und Weitläufigkeit der Terminologie überheben.

* Physiologie Bd. 3, S. 208 ff.

chum zwischen die beiden, das Blatt bildenden Zellenlagen aufgenommen. Die *Seta* besteht aus ähnlichen Elementen wie der Stengel, nur sind die Zellen gewöhnlich dünner und länger. Die Rindenzellen derselben, die Epidermiszellen der Büchse und des Deckelchens, die Zellen des Peristoms, sowie sehr häufig die Zellen der Haftfasern haben von hellgelb bis dunkelbraungelb gefärbte Zellenwände. Die Zellen des Peristoms zeigen meist unregelmässige, warzenförmige Verdickungen ihrer Wände, die oft so stark hervortreten, dass z. B. die Spitze der Zähne von *Bryum caespiticium* an den Seiten eng und tief gekerbt erscheinen.

Merkwürdig ist noch, dass an dem Hals und dem Ansatz sich meist die Oberhaut am vollständigsten entwickelt und vollkommene Spaltöffnungen zeigt. Gewöhnlich liegt unter ihr dann auch eine kleine Menge lockeren, schwammförmigen Zellgewebes.

So einfach der Bau der Moose ist, so fehlt es uns doch noch sehr an genauen Untersuchungen über viele Einzelheiten*. So bietet allein der kleine Stengel von *Buxbaumia aphylla* noch viel Interessantes dar, z. B. die Andeutung netzförmiger Verdickung der Zellenwände im Mark. Auch die Blätter der Moose und ihre Nerven verdienen ausführlichere Untersuchung, als ihnen bis jetzt geworden. Bei *Catharinea undulata* (131) besteht das Blatt wie bei den meisten andern Moosen, mit Ausnahme



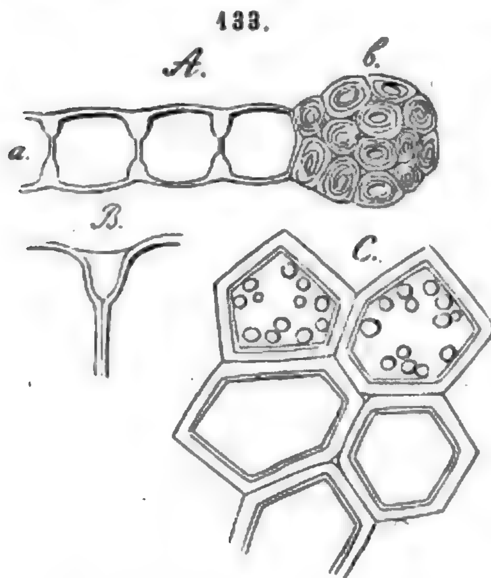
der *Polytrichum*-arten, nur aus einer Zellenlage (*b*). Der Mittelnerv (*c*) aber, welcher die aufgesetzten Lamellen (*a*) trägt, besteht aus einer obern und untern Oberhaut, zwischen welcher ein förmliches Gefässbündel liegt. Dieses (132) besteht aus Bastzellen (*b*, *d*), welche lange sehr erweiterte cylindrische Zellen (*c*), (Gefässe in einfacher Gestalt), zwischen sich einschliessen. *Rob. Brown* machte die richtige Bemerkung, dass die Lamellen bei *Catharinea* nur auf den Mittelnerv, bei *Polytrichum* auf die ganze Blattfläche aufgesetzt seien (Verm. Schriften Bd. 2, S. 713). Ich glaube nicht, dass *Treviranus* (*Linnaea* Bd. XV, Heft 3, Taf. III, Fig. 6) diese Ansicht widerlegt und die seinige, dass bei *Polytrichum* das Ganze als Nerv anzusehen sei, bewiesen habe. Die auf die Blattfläche bei *Polytrichum* aufgesetzten Lamellen

131. Querschnitt durch den mittlern Theil des Blattes von *Catharinea undulata*. *a* Auf den Mittelnerven (*c*) aufgesetzte Längslamellen. *b* Blattzellen. Der Mittelnerv besteht aus stark verdickten bastähnlichen Zellen und von ihm eingeschlossenen weitern dünnwandigen.

132. *Catharinea undulata*. Längsschnitt durch den Mittelnerven des Blattes. *a* Oberhaut der untern Fläche. *b* und *d* bastähnliche Zellen. *c* Gefässähnliche erweiterte Zellen.

* Structur der *seta* an *Funaria hygrometrica* von *E. Lankester* in *Annales of Nat. Hist. by Jardine, Hooker and Taylor. Febr.* 1840, *p.* 361.

zeigen die Eigenheit, dass die untern Zellen jedesmal dünnwandig, die obern aber, besonders in ihrer obern und seitlichen Wandung, stark verdickt sind. Bei *P. yuccaefolium* sind diese obern eingebogen, so dass jede Lamelle auf ihrer freien Kante eine Furche zeigt. Manche haben die Annahme von Randnerven bei den Moosblättern, freilich ohne zuzusehen, bestritten. Bei *Mnium punctatum* z. B. sind sie auffallend deutlich und aus schichtenweise verdickten Zellen gebildet (133, *A*, *b*). Auch die Zellen der Blattscheibe (*a*) zeigen bei dieser Pflanze in der Art ihrer Aneinanderfügung interessante Eigenheiten wie aus 133 *B*, *C* hervorgeht. — Bei einer Gruppe* von Moosen, bestehend aus *Sphagnum*, *Octoblepharum*, *Leucobryum*, *Dicranum glaucum* und *Weissia verticillata* (?), ist das Blatt wesentlich aus zwei sehr verschiedenen Zellenarten zusammengesetzt: geschlossene, schmälere chlorophyllführende und weitere. Diese letzteren zeigen deutlich Verdickungsschichten entweder nur als grosse Poren, die später immer zu wirklichen Löchern werden, oder wie bei *Sphagnum* zugleich auch Spiralfasern; sie liegen entweder mit den grünen Zellen in einer Ebene (*Sphagnum*), oder bedecken in einfacher bis fünffacher Schicht die netzförmige Lage grüner Zellen auf beiden Flächen. Ueber den Bau des Sphagnumblattes sind weitläufige, besonders von *Meyen* veranlasste Streitigkeiten geführt, die endlich durch *Mohl*** als völlig entschieden betrachtet werden können.



Auch die Spaltöffnungen an der Mooskapsel haben, so einfach die Sache ist (sie weichen auch nicht in der geringsten Beziehung von den Spaltöffnungen der Phanerogamen ab), zu wunderlichen Erörterungen Veranlassung gegeben und botanische Mystiker gefallen sich auch hier darin, statt einfach die Natur aufzufassen, wie sie sich den gesunden Sinnen darbietet, zu sagen: »Die Poren als verwandtes peripherisches Glied der Spiralgefässe, wenn sie auch in ihrem Bau keineswegs mit den wahren Poren der normalen Oberhaut verglichen werden können (warum, wird nicht gesagt und ist auch nicht zu sagen), zeigen doch ein Hinstreben (!) zu dieser Form.« Traurig genug, wenn Männer von Geist in solchem Wortgeklingel Wissenschaft suchen! Von Andern und selbst von *Rob. Brown* sind die Poren als Hülfswege zu Ausleerung der Sporen betrachtet worden, was sie doch wohl nicht sein können, da sie niemals eine Communication der Sporenhöhle selbst mit der Aussenwelt möglich machen. Das schwammförmige Zellgewebe unter ihnen geht gegen die Sporenhöhle hin jedesmal in ein dichtgedrängtes Zellgewebe, die Innenhaut, über. Vom gewöhnlichen Bau der Spaltöffnungen weichen sie auch bei *Polytrichum alpinum* nicht im Geringsten ab, wie es nach der unrichtigen Abbildung bei *Treviranus* (a. a. O. Fig. 18) scheinen könnte. Die Poren an der Kapsel von *Lyellia* habe ich noch nicht selbst untersuchen können, wenn aber die Abbildung bei *Treviranus* (Fig. 17) richtig ist, so haben sie mit den Spaltöffnungen überhaupt gar nichts zu thun und sind Organe

133. *Mnium punctatum*. *A* Querschnitt durch den Rand des Blattes. *a* Blattzellen. *b* Randnerv. *B* Scheidewand zwischen zwei Blattzellen in ihrem obern Theile stärker vergrössert. *C* Einige Blattzellen von der Fläche gesehen, die fünf Linien, welche die Höhle einer Zelle von der andern trennen, erklären sich leicht aus der Vergleichung mit *B*.

---

* *Leucophaneae* nach *Hampe*.

** Anatom. Untersuchungen über die porösen Zellen von *Sphagnum*. Tübingen 1837.

besonderer Art. Noch will ich bemerken, dass ich in Peristomzellen, z. B. bei *Hypnum triquetrum*, Spiralfäden gesehen zu haben glaube, doch bin ich noch nicht gewiss darüber.

---

b. *Bewurzelte Agamen.*

VI. Lycopodiaceen (*Lycopodiaceae*).

§. 103.

Eine vollständige Entwickelungsgeschichte der Lycopodiaceen ist bis jetzt noch ein frommer Wunsch. Nur so viel ist gewiss, dass beim Keimen der später zu erwähnenden grösseren Sporen sich eine ächte Wurzel zeigt. Bei der ausgebildeten Pflanze entwickelt der fast immer niederliegende Stengel in seiner ganzen Länge auf der untern Seite Wurzeln und stirbt von Unten nach Oben ab. Die Blätter stehen stets dicht aufeinander folgend rund um den Stengel, zuweilen so gedreht, dass sie zu beiden Seiten des Stengels in einer Fläche zu stehen scheinen. Auch die aus Axillarknospen sich entwickelnden Aeste stehen häufig ähnlich so, dass die Verästelung gefiedert ist, oder die gabelig getheilten Aeste richten sich auf und bilden gegipfelte Formen; selten ist der Stengel flach und die Blätter stehen entfernt von einander (z. B. *Bernhardia complanata*). Die Blätter sind fast immer schmal, lanzettlich, den Moosblättern ähnlich, bei den niederliegenden Stengeln, wo sie scheinbar in zwei Reihen stehen, mehr den Lebermoosblättern ähnlich, und ebenso auch an der untern Seite des Stengels kleiner und von verschiedener Form. Alle sind nur mit einfachem Mittelnerv versehen. Am abweichendsten ist der ganz zu einer dicken Scheibe verkürzte Stengel von *Isoetes* mit langen, schmalen, grasähnlichen Blättern, die nach unten verbreitert scheidenartig sich umfassen. Bei einigen Lycopodien bilden sich die Axillarknospen in allen ihren Theilen etwas fleischiger aus und trennen sich freiwillig (?) vom Stengel, um zu neuen Pflanzen auszuwachsen als Zwiebelknospen (*bulbilli*).

Mir scheinen die Lycopodiaceen den Moosen und Lebermoosen am nächsten zu stehen ihrer ganzen morphologischen Entwickelung nach, so wenig wir freilich bis jetzt noch davon wissen. *Isoetes* mag eine eigne Familie gleich neben ihnen bilden, oder besser dazu gerechnet werden; auf jeden Fall genügt eine mässig genaue Vergleichung, um zu zeigen, dass diese Pflanze weder den Rhizocarpeen angehört, noch auch für irgend eine n ä c h s t stehende Familie eine Vermittlungsstufe zu den Rhizocarpeen abgeben kann. Die e i n z i g e Aehnlichkeit, weshalb man sie zusammenwarf, war der Umstand, dass bei beiden die Fortpflanzungsorgane mehr nach unten sitzen. (Mit demselben Rechte könnte man *Raja Pastinaca* und den Scorpion in eine Familie bringen, weil beide einen Stachel am Schwanze haben). Als aber die Sache einmal gedruckt war, nützte es nicht viel, dass sich bei genauer Untersuchung fand, dass *Isoetes* mit den Rhizocarpeen auch nicht in einem einzigen Merkmal auch nur eine entfernte Aehnlichkeit zeigt, blos *Decandolle* hatte hier einen richtigen Blick, *Link** hat sie noch vor wenigen Jahren wieder *invita natura* zusammengekuppelt.

Interessante Versuche über die Keimung der grösseren Sporen wurden von *Bischoff* selbst angestellt und zuerst vollständig mitgetheilt, und dennoch sagt er (Die krypto-

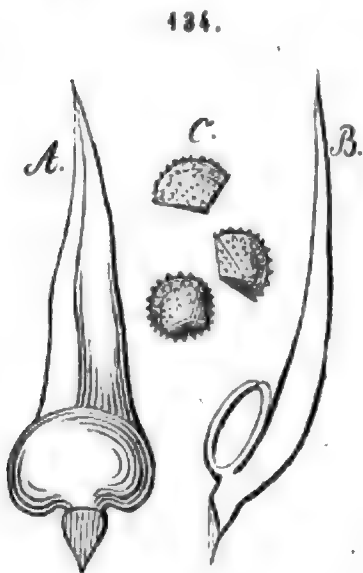
---

* *Filicum species in horto regio botan. berol. Berl.* 1844. Ein Buch, was in allem allgemein Wissenschaftlichen hinter allen Untersuchungen der letzten zwanzig Jahre zurück ist.

gamischen Gewächse S. 97): »Man findet bei den Lycopodiaceen keine deutlich geschiedene Hauptwurzel,« weil er nur die alte entwickelte Pflanze im Auge hatte. Gewiss ein merkwürdiges Beispiel, wie schlendrianmässige Methode in der Wissenschaft auch die Ausgezeichneten gegen ihre eignen Entdeckungen blind machen kann. Die *Bischoff*'schen Untersuchungen sind mit noch grösserer Sorgfalt im Einzelnen vollkommen bestätigt durch *K. Müller* zur Entwickelungsgeschichte der Lycopodiaceen (Botanische Zeit. 1846, Sp. 521 ff.).

§. 104.

A. An der Basis der Blätter (die sich zuweilen am Ende eines weitläufig mit Blättern besetzten Astes kolbenförmig zusammendrängen und eine etwas verschiedene Form annehmen), oder seltner an einem Einschnitt derselben (z. B. *Tmesipteris*) erhebt sich ein zelliges Knöpfchen, dessen äussere Zellenlagen zur Wand der Sporenfrucht werden, dessen innere Zellen als Mutterzellen (*Sporangia*) je vier Sporen erzeugen, die sich mit einer eigenthümlichen Membran, welche maschig angeordnete Leistchen zeigt, umkleiden, worauf die Sporangien resorbirt werden. Bei den *Bernhardien* sitzen die Sporenfrüchte zu zwei oder drei verwachsen auf den Spitzen der Zweige. Die reife Sporenfrucht ist rund, nieren- oder halbmondförmig und zerreisst mit einer verticalen (z. B. *Lyc. annotinum*) oder horizontalen (z. B. *Lyc. inundatum*) Spalte, deren Ränder oft noch in Lappen zerspalten (z. B. *Lyc. canaliculatum*). Bei *Isoetes* sind die Sporenfrüchte an der Basis des Blattes etwas eingesenkt und noch von einer herzförmigen Schuppe bedeckt. Sie enthalten zwischen quer verlaufenden Zellenfäden kleine zellige Säckchen mit vielen kleineren Sporen, die die gewöhnliche Bildung zeigen, und andere Säckchen, welche vier grössere Sporen hegen, die aus einer mit dem gewöhnlichen Ueberzug versehenen Zelle und einer dicken Kruste von kohlensaurem Kalk (?) bestehen.



Dass die Sporenfrüchte bestimmt Modificationen des Blattparenchyms sind, hat *Mohl** so unwiderleglich dargethan, als es ohne Entwickelungsgeschichte möglich war. Diese aber führt zu demselben Resultat. Bei *Isoetes* fehlen noch genauere Untersuchungen. Bei dem ganz gleichen Bau der grossen und kleinen Sporen scheint mir der Grössenunterschied und der Ueberzug von (wahrscheinlich) kohlensaurem Kalk, sowie die durch stehengebliebenes Zellgewebe etwas grössere Complication der Frucht von sehr untergeordneter Bedeutung zu sein. Auch hier kann nur die Entwickelungsgeschichte Rath schaffen.

B. Bei einigen Lycopodien kommt noch eine andere Fruchtform vor, nämlich abgerundet tetraedrische Früchte, die durch eine Längsspalte in zwei dreilappige Klappen sich öffnen und vier grosse Sporen enthalten, die aus einer Sporenzelle und einer sehr derben, mit netzförmigen Leisten besetzten Hülle bestehen.

134. *Lycopodium annotinum*. *A* Sporenblatt mit der Kapsel. *B* Dasselbe im Längsschnitt. *C* Sporen (*Semen Lycopodii*).

---

* Ueber die morphologische Bedeutung der Sporangien der mit Gefässen versehenen Kryptogamen. Tübingen 1837. S. 28.

Diese grossen Sporen sind gewiss mit den grossen Sporen bei *Isoetes* identisch, und wenn ihr Inhalt wirklich schon zellig* ist, nur eine weitere Bildungsstufe derselben**. Nach *K. Müller's* Untersuchungen sind diese grösseren Sporenfrüchte nicht Theile eines Blattes, sondern Terminalknospen eines Stengelorgans. Dadurch gewönnen die Lycopodiaceen um so sicherer ihre Stelle zwischen den Moosen, mit denen sie die Bildung der Sporenfrucht aus den Stengelorganen theilen und den Farnkräutern, mit denen sie die Bildung der Sporenfrüchte aus dem Blatte gemein haben würden.

§. 105.

Der Stengel der Lycopodiaceen besteht aus einer ziemlich lockern Parenchymmasse, durch welche sich ein centrales, simultanes (§ 26.) Gefässbündel hinzieht. Das Gefässbündel enthält gewöhnlich die Gefässe in unregelmässigen Strängen und Bändern zerstreut und ist meist mit einer Lage bräunlichen, dickwandigen Parenchyms umgeben. Die für Blätter und Seitenäste abgehenden Gefässbündel ziehen sich oft lang in schräger Richtung durch das Parenchyma, indem sie sich viel tiefer vom Hauptbündel trennen als da, wo sie austreten. Die Blätter bestehen aus mehreren Lagen rundlichen Parenchyms, durch welches ein Gefässbündel sich hinzieht, und sind mit Oberhaut bekleidet, die auf beiden Seiten Spaltöffnungen zeigt. Die Wand der Sporenfrucht hat meist zwei Lagen, die äussere zeigt flache Zellen mit derben geschlängelten Seitenwänden, die innere zartwandige Zellen. Bei *Lycop. inundatum* zeigen die inneren Zellen dicke Ringfasern, ähnlich wie bei der Lebermoosfrucht.

An den Blättern von *Lycop. stoloniferum* ist die Oberhaut der obern und untern Blattfläche sehr verschieden. Die Zellen der obern sind dickwandiger, und auf ihnen liegen hin und wieder lange Zellen, die nach Aussen mit zwei bis drei Reihen Warzen besetzt sind. Die der untern Fläche sind zartwandig und enthalten Chlorophyll; zwischen beiden liegt etwas schwammförmiges Zellgewebe. Die Spaltöffnungen sind bei den Lycopodien nur auf und dicht neben dem Blattnerven vorhanden. Die Ringfasern in der Kapselwand von *Lycop. inundatum* sind zuerst von *Bischoff**** gesehen, der aber eine unrichtige und sehr gezwungene Erklärung davon giebt, welche die Ansicht eines frühern Zustandes gleich widerlegt.

VII. Farnkräuter (*Filices*).

§. 106.

Bei der Keimung der Farnkräuter durchbricht die Sporenzelle die äussere Haut, bei einigen sogar an ganz bestimmt vorgezeichneter Stelle, dehnt sich in ei-

---

* *Bischoff*, die kryptogamischen Gewächse. S. 110. Ihm widerspricht *K. Müller* (Botan. Zeitung 1846, Sp. 523 f.), indem er den Inhalt der Spore für solide Körner (Stärke?) erklärt.

** Die Lycopodiaceen waren bis jetzt die einzigen Kryptogamen, an welchen die Antherenmanie sich nicht versucht. Am 18. Januar 1842 hat *Link*, noch nicht zufrieden mit der Erfindung der Flechtenantheren, auch die Lycopodiaceen mit Antheren versorgt, wofür er die grösseren Sporen erklärt (*Froriep's* Notizen, Bd. XVI. p. 74). Die Menschheit ist immer dem Fortschritt am nächsten, wenn sie eine bestimmte Thorheit in systematischer Vollständigkeit durchgeführt hat. Jetzt da keine neuen Antheren mehr zu erfinden sind, wird man hoffentlich anfangen, das verbrauchte Spielzeug wegzuwerfen.

*** Die kryptogamischen Gewächse S. 109.

nen längern oder kürzern Schlauch aus, dessen Ende neue Zellen bildet, die sich allmälig zu einem flachen, meist zweilappigen Vorkeim (*proembryo*) anordnen. Einige dieser Zellen dehnen sich nach Unten in Haftfasern aus. An bestimmter Stelle dieses Vorkeims bildet sich eine Gruppe dichteren Zellgewebes und allmälig ein kleiner eiförmiger Körper, dessen eines Ende sich zur Wurzel verlängert, das andere zur Knospe, zu Stengel und Blatt ausbildet.

Der Stengel nimmt nachher zwei wesentlich verschiedene Modificationen an, indem er sich entweder zwischen je zwei aufeinander folgenden Blättern (die bei ihrer Entstehung immer dichter aufeinander folgen, als sie nacher erscheinen) sehr in die Länge dehnt oder nicht. Der erste kriecht meistens unter der Bodenfläche fort, so dass nur die Blätter über dem Boden erscheinen (bei *Pteris aquilina*), oder auf der Erde, klettert an Bäumen und Felsen empor (z. B. *Lomaria scandens*); der andere zeigt wieder zwei Modificationen, je nachdem die Wurzel und nachher der Stengel beständig von Unten her absterben oder nicht. Im ersten Falle erhebt er sich nicht bedeutend über der Erde und liegt zuweilen schief in derselben (z. B. *Aspidium filix mas*), im andern Falle wächst er (nur unter den Tropen) zu einem ansehnlichen 20—30 Fuss hohen Stamme aus (Baumfarn, z. B. *Cyathea*, *Dicksonia*, *Alsophila* u. s. w.). Fast an allen Stengeln entstehen aus dem Stengel auf eine eigenthümliche Weise Nebenwurzeln (*radix adventitia*), die zuweilen den Stamm mit einem dichten Flechtwerk bekleiden (z. B. *Cyathea Schansin*).

Die Blätter der Farnkräuter sind meist gestielt, selten sitzend, meist vom Rande her lappig zertheilt (oft sehr vielfach und zierlich), sehr selten einfach ungetheilt, immer flach, mit deutlichen Gefässbündeln (Nerven, *nervi*), deren Verästelung mannigfaltig und elegant ist. Das Blatt ist meist durch continuirliches Zellgewebe mit dem Stengel verbunden, weshalb die älteren Blätter nur von Oben her bis auf den untern, härtern Theil des Blattstiels absterben, ohne abzufallen. Selten bildet eine Platte früh absterbenden Zellgewebes eine ächte Gliederung (*articulatio*), so dass die Blätter sich an einer bestimmten Fläche ablösen (z. B. *Cyathea arborea*). In der Continuität desselben Blattes kommt solche Gliederung nie (?) vor und deshalb giebts bei den Farnkräutern keine ächten *folia composita*.

Knospen in den Blattwinkeln (*axilla*) sind im Ganzen selten bei den Farn, doch kommen sie vor, z. B. bei *Aspidium filix mas*. Deshalb ist der Stengel der Farne meist einfach, bei den baumartigen immer. Auch hier scheint noch eine gabelförmige Theilung des Stengels an der Spitze desselben ohne Axillarknospe vorzukommen, z. B. bei *Polypodium ramosum*. Sowohl in den Axillarknospen, als in der Endknospe des Stengels sind die Blätter von den Spitzen zur Basis sowohl in ihren Lappen als im Ganzen schneckenförmig eingerollt (schneckenförmige Knospenlage, *aestivatio circinata*).

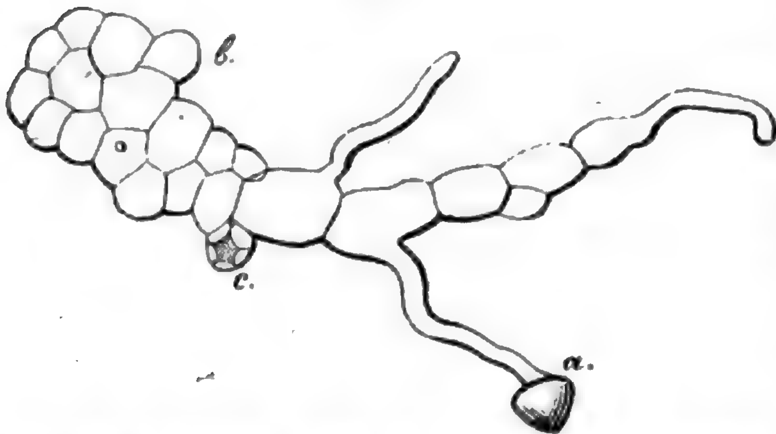
Bei einigen tropischen Farn kommen in den Blattachseln kleine, anfangs von der Epidermis bedeckte Grübchen mit eigenthümlichem lockern Zellgewebe erfüllt vor. Haare und Drüsen sind bei den Farn seltner, dagegen sind fast alle mehr oder weniger mit kleinen, schnell vertrocknenden Schüppchen (*paleae*) bedeckt.

Das andere Ende der jungen Pflanze entwickelt sich abwärts in den Erdboden zur Wurzel, die sich mannigfach verästelt, bei vielen Farn aber, wie schon bemerkt, früh wieder abstirbt.

Sehr häufig kommt es vor, dass sich einzelne Zellen oder Zellengruppen eines

Blattes aus dem Individualitätsverbande der ganzen Pflanze trennen, Knöllchen bilden und später selbstständig zu einer neuen Pflanze heranwachsen. Diese jungen Pflanzen bilden sich sowohl aus der Blattfläche, als insbesondere in den Winkeln der Theilungen des Blattes.

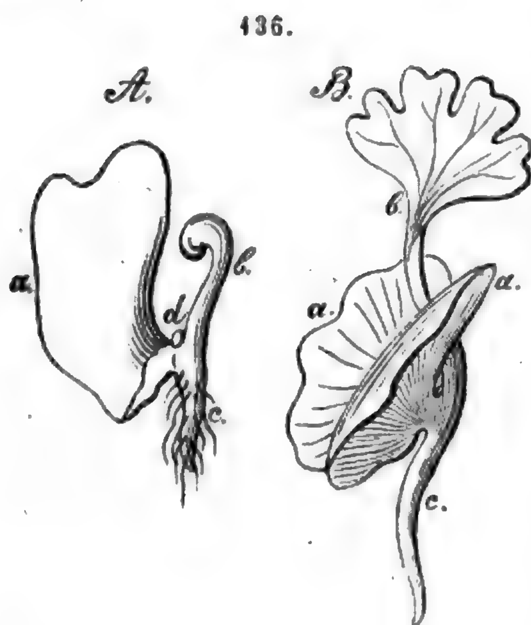
Ueber die erste Entwickelung der Pflanze aus der Spore haben wir einige schöne Untersuchungen erhalten. Die ältesten sind von *Kaulfuss**. Später wurden sie von mir und dann von *Nägeli* wiederholt. Letzterer entdeckte bei dieser Gelegenheit die Antheridien der Farnkräuter und diese Entdeckung rief eine abermalige Untersuchung durch den Grafen *Leszczyc-Sumiński*** hervor, welcher eine förmliche Befruchtung gefunden zu haben glaubte. Diese angebliche Beobachtung verlangte Wiederholung und so entstanden die Arbeiten von *Wigand**** und die von *Schacht* im Jenaischen physiologischen Institut durchgeführte Bearbeitung der Keimungsgeschichte der Farnspore. Das Endresultat aller dieser Untersuchungen besteht kürzlich in Folgendem.



Die Fortpflanzungszelle tritt aus ihrer Hülle (135 *a*) als ein bald längerer bald kürzerer Schlauch hervor. Am Ende desselben bilden sich Zellen, die sich in einer Fläche anfänglich sehr unregelmässig anordnen, später aber sich zu dem (ob immer?) zweilappigen Vorkeim gestalten. Am Rand und auf der untern Fläche desselben bilden sich vorzugsweise die Antheridien aus. Ebenfalls an der untern Fläche, nahe dem Einschnitt des Vorkeims, wo derselbe nicht wie in seiner übrigen Ausbreitung aus einer, sondern aus mehreren auf einander liegenden Zellenlagen besteht, bilden sich etwa 4—5 Organe eigenthümlicher Art (Keimorgane). Wenige Zellen bilden einen kurzen nach Aussen vollkommen geschlossenen Kanal, der in Form eines kegelförmigen Zäpfchens über der Oberfläche des Vorkeims hervorragt. In die Substanz des letztern setzt sich der Kanal fort und erweitert sich hier zu einer kleinen Höhle, welche reichlich mit Protoplasma und Cytoblasten erfüllt ist; ob diese Bildungen von einer besondern Zelle umschlossen sind, ist noch nicht ausgemacht, es ist aber wahrscheinlich. Aus diesem Bildungsstoffe bildet sich dann ein kleines zelliges Kügelchen, welches im Grunde der Höhle continuirlich in das Zellgewebe des Keims übergeht. Dieses Kügelchen entwickelt sich dann, indem es das darüber liegende Zellgewebe durchbricht, in einer Axenlinie, welche dem Grunde der Höhle oder, was dasselbe sagt, der Fläche des Vorkeims parallel liegt und zwar stets in der Weise, dass das dem Einschnitt des Vorkeims zugekehrte freie Ende als Knöspchen zu Stengel und Blättern, das gerade entgegengesetzte Ende als Würzelchen zur Hauptwurzel entwickelt wird (136 *A* u. *B* auf S. 318). Auf diese Weise tritt hier zuerst der morphologische Gegensatz von Stengel und Wurzel in die Reihe der Pflanzenformen ein. Während die Lebermoose und Moose stets nur Ein entwickelungsfähiges Ende, nur Eine Stelle an der ersten noch rundlichen oder eiförmigen Pflanzenanlage haben, an welcher sich neue Zellen entwickeln können,

135. *Pteris spec.*: *a* Keimende Spore. *b* Anfang zur Bildung des Vorkeims. *c* Antheridie.

* Das Wesen der Farnkräuter u. s. w. Leipzig 1827.
** Zur Entwickelungsgeschichte der Farnkräuter. Berlin 1848.
*** Zur Entwickelungsgeschichte der Farnkräuter (Botan. Zeit. 1849, Sp. 17 ff.).



wodurch eine Verlängerung des Körpers ermöglicht wird, so finden sich bei der noch rundlichen Anlage zum Farnkörper zwei sich entgegengesetzte entwickelungsfähige Enden. Das Moos wächst gesetzmässig nur aufwärts*, das Farnkraut aber gesetzmässig aufwärts und abwärts. Die Einzelheiten dieser ganzen Entwickelungsgeschichte, das Eingehen auf die mannigfachen Irrthümer anderer Beobachter und die Widerlegung derselben überlasse ich der ausführlicheren Arbeit meines Schülers und Freundes *Schacht*. Sehr mangelhaft sind unsre Kenntnisse in der weitern Entwickelungsgeschichte, und das Verhältniss von Stengel und Blatt, sowie die Bildung der Gabeltheilungen des Stengels und die Knospenbildung bedürfen noch genauer, gründlicher Untersuchungen, ohne welche wenig Bedeutsames darüber zu sagen ist. — Die Morphologie von Blatt und Stengel ist, soweit sie auf die Farne anwendbar ist, von den Phanerogamen hierher zu ziehen. Höchst überflüssig nennt man meist die Blätter Wedel (*frondes*). — Ueber die Bedeutung der Häufchen von staubartigen Zellen** in den Achseln der tropischen Farn, welche *v. Martius* einmal ohne Grund für Antheren erklärte, wissen wir noch nichts. Wahrscheinlich sind sie den Lenticellen der Phanerogamen (siehe unten) völlig analog.

§. 107.

A. In allen Fällen bilden sich die Sporen in dem Gewebe eines ächten Blattes, welches entweder ganz unverändert sich zeigt, oder verschmälert durch Nichtausbildung alles oder des meisten überflüssigen Parenchyms neben den Hauptnerven. Ich nenne es das Sporenblatt (*sporophyllum*). Wo es wenig oder gar nicht von den gewöhnlichen Blättern abweicht, zeigt es auf seinem Rücken oder am Rande sehr verschieden geformte und vertheilte Häufchen (*sori*) von Sporenfrüchten, die meistens ganz oder theilweise von einer bestimmt geformten Falte der Oberhaut, dem Schleierchen (*indusium*), verdeckt sind. Die einzelnen Sporenfrüchte sind gewöhnlich auf einer sich etwas erhebenden Zellgewebsmasse befestigt, die als kurzer Stiel oder als Leiste, selten als ein lang ausgezogner Stiel (z. B. bei *Hymenophyllum*) erscheint, und bilden sich folgendermaassen. Aus dem Blattparenchym (nämlich aus jenem Stiel) erhebt sich eine Zelle, die sich bald in zwei sondert, eine cylindrische und eine kugelförmige. In beiden bilden sich neue Zellen, aus jenen wird der Stiel der Sporenfrucht, diese füllen die kugelige Endzelle (*capsula*) an; die äussern bilden eine zellige Wand, die innern werden Mutterzellen (*Sporangia*) für die Sporen, und nach der Ausbildung dieser, die sich bald mit einer eigenthümlichen mit Warzen oder Falten besetzten Haut bekleiden, resorbirt. Von den

136. ***Pteris spec.:*** ***B*** Keimpflanze. *a a* die beiden Lappen des Vorkeims. *b* erstes Blatt der jungen Pflanze. *c* Wurzel. *A* Eine etwas frühere Keimpflanze im Längsdurchschnitt. *a* Lappen des Vorkeims. *b* Erstes Blatt der Pflanze. *c* Wurzel. *d* Terminalknospe.

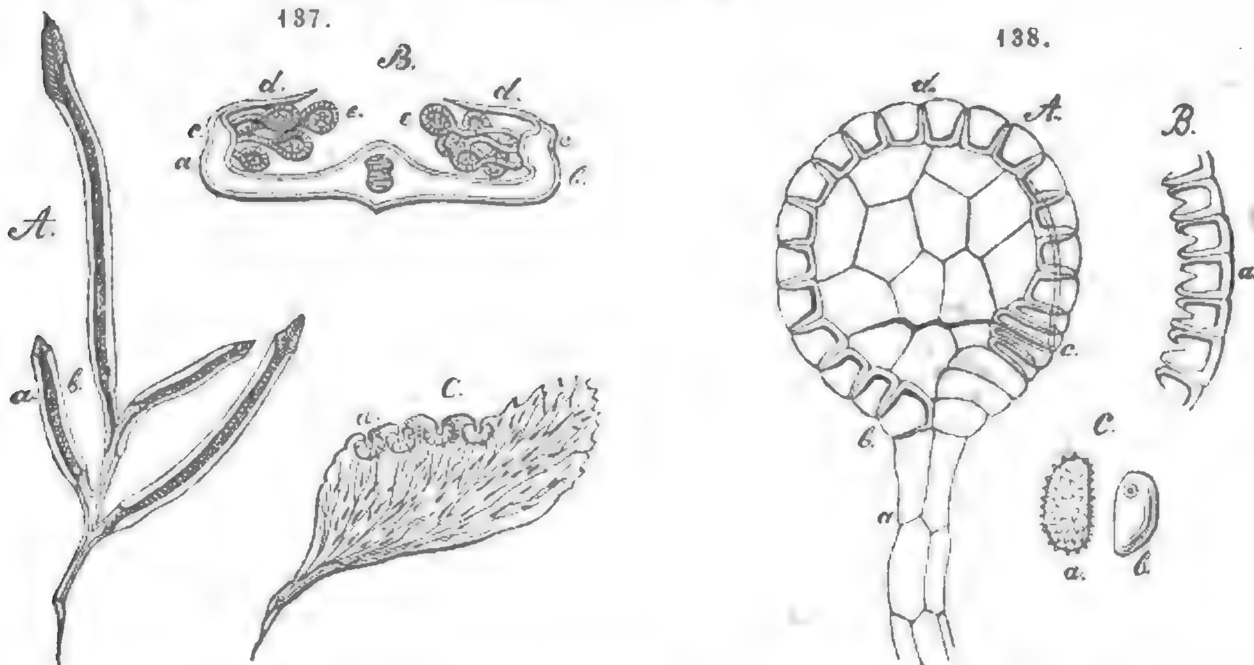
* Es ist Spielerei mit Worten oder absichtliches Missverstehen, wenn man dagegen die Ausdehnung einzelner Zellen der Oberfläche zu (Wurzel-?) Haaren anführt.

** Vergl. darüber *H. Mohl, de structura caudicis filicum arborearum. Monach.* 1833. *p.* 7. §. 12.

Wandzellen bildet sich eine Reihe, die vom Stiel aus vertical oder schief, fast rund um die Kapsel läuft, oder dem Scheitel der Kapsel näher oder ferner eine horizontale Zone bildet, so aus, dass ihre innern und die sich untereinander berührenden Seitenwände sehr verdickt werden, die anderen Wände aber dünn bleiben. Man nennt diese Zellen den Ring (*annulus*); durch sein ungleiches Austrocknen bewirkt er das Aufreissen der Kapsel für den Austritt der Sporen. Bei den übrigen Farnkräutern bildet das wenige neben den Nerven sich ausbildende Parenchym in seinem Innern Gruppen von Mutterzellen und Sporen, wodurch die Blattportionen kugelig zu Kapseln anschwellen, endlich zuweilen mittelst eines unvollständigen Ringes aufspringen und die Sporen ausschütten (z. B. bei den *Ophioglosseae*, *Osmundaceae*).

B. Organe, den Antheridien der Moose und Lebermoose ähnlich, finden sich bei den Farnkräutern nur am Vorkeim; sie sitzen bald am Rande, bald auf der obern Fläche desselben, sind mehr kugelig und ungestielt.

Zur Erläuterung des Paragraphen gebe ich die Abbildung eines Theils des Sporenblattes von *Pteris chinensis* (137, *A B*) und *Adiantum pubescens* (137, *C*), so wie die Analyse der Kapsel von *Scolopendrium officinarum* (138). Die leicht zu ver-



folgende Entwickelungsgeschichte der Kapsel, wie ich sie nach meinen Beobachtungen, z. B. an *Blechnum gracile*, mitgetheilt, überhebt mich der Mühe, gegen die angebliche Entstehung der Kapsel aus einem eingerollten Blatt (natürlich hier wie überall nur aus der Phantasie geholt) ein Wort zu verlieren. Gründlicher als meiner Meinung nach solche Phantasiespiele ohne wissenschaftliche Begründung verdienen, hat *Mohl** diese Ansicht widerlegt. Eine sehr werthvolle Arbeit über die Entwicke-

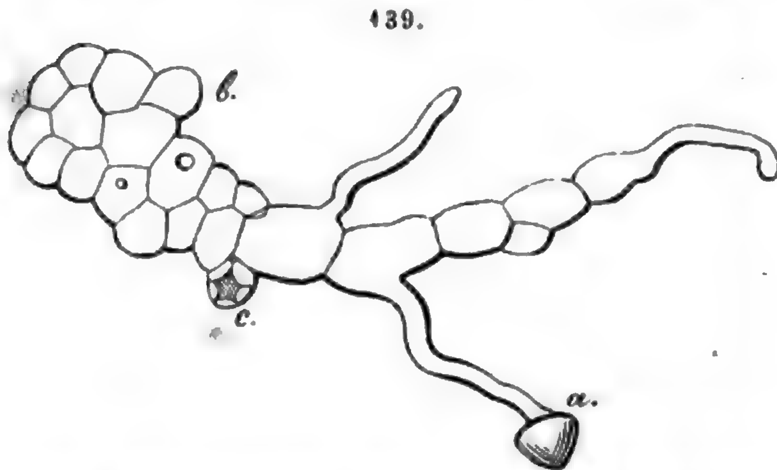
137. *A Pteris chinensis*. Ein Theil des Sporenblattes *a b* bezeichnet die Richtung des Durchschnittes *B*, *a b* des Blattes. *c c* Verdickte Ränder desselben. *d d* Falten der Ränder (Schleierchen). *e e* Kapseln. *C* Theil des Sporenblattes von *Adiantum pubescens* mit einigen Sporenfruchtbäufchen, bedeckt von nierenförmigen Schleierchen.

138. *Scolopendrium officinarum*. *A* Reife Kapsel. *a* Stiel. *b d c* Ring. *c* Stelle des Aufreissens der Kapsel. *B* Theil des Ringes von einer aufgesprungenen Kapsel. *a* Der Kapsel zugekehrte Seite. *C a* Spore. *b* Dieselbe (nach Entfernung der äussern Haut) mit einem Cytoblasten.

* Morphologische Betrachtungen über das Sporangium der mit Gefässen versehenen Kryptogamen. Tübingen 1837. S. 11 ff.

lung der Farnkapseln und der Sporen hat *Schacht** geliefert. Auch der anderen aus der Luft gegriffenen Phantasie, dass das Sporophyll aus einem Blatte und einem Zweige erwachsen sei, ist *Mohl* (ebendaselbst) kräftig entgegengetreten und hat mit seinem überall sich zeigenden Scharfsinn, auf Resultate eigner tüchtiger Untersuchung angewendet, die einfachste, natürlichste und daher allein richtige Ansicht der Farnfrüchte entwickelt.

Die förmliche Manie, Antheren bei den Kryptogamen zu entdecken, hat lange Zeit an den Farnkräutern keine Nahrung gefunden, denn Spaltöffnungen, Gruppen von Spiralzellen, mit welchen die Spiralgefässe der Blattnerven enden, das Schleierchen und dergleichen nach und nach als Antheren angesprochen, konnten doch nicht lange genug als solche vertheidigt werden. Endlich ist man so glücklich gewesen, an einigen Farnkräutern in der Nähe der Kapseln einige Drüsenhaare zu finden (einige Zellen, von denen die letzte, kugelig oder eiförmig, etwas Gummi und Schleim enthält); auch hier ist also für die gesorgt, die gern mit Worten spielen, ohne dabei an bestimmte Begriffe zu denken, und in der glücklichen Täuschung leben, das wäre Wissenschaft. *Habeant sibi.* Dass besagte Drüsenhaare wirklich bei mehreren Farnkräutern und zwar gerade an dem Träger der Sporenfrüchte vorhanden sind, kann ich bestätigen, aber ganz entschieden fehlen sie auch bei einer grossen Menge Farnkräuter durchaus. Mich wundert nur, dass noch Niemand bei den Pflanzen Sinneswerkzeuge, Augen und Ohren postulirt hat, da die Thiere sie doch haben; es wäre nicht um ein Haar verkehrter, als wenn man bei Kryptogamen durchaus Antheren haben will, blos weil sie bei den Phanerogamen vorhanden sind. — *Nägeli*** entdeckte zuerst die Antheridien der Farnkräuter (139, *c*), eine Entdeckung, die leicht zu bestätigen ist. Sie weichen im Wesentlichen nicht von denen der Moose und Lebermoose ab. Später wurden sie von *Leszczyc-Suminski* (a. a. O.) genauer untersucht und eine lebhafte Phantasie, wahrscheinlich unterstützt durch ein mangelhaftes Mikroskop und mangelhafte Methode im Präpariren, führten ihn zu der seltsamen Ansicht, dass ein beweglicher Spiralfaden in das oben beschriebene Keimorgan hineinschlüpfte und das eine Ende desselben kugelig anschwellend zur ersten Zelle des Keims wurde. Der angeblich hereintretende Spiralfaden ist aber eine etwa 50 mal so voluminöse heraustretende Protoplasmamasse, und von der wunderbaren Entdeckung der Farnbefruchtung wird wohl nichts stehen bleiben als die recht fleissige Geschichte der Keimung, obwohl auch hier alle Figuren mit zu viel Phantasie und wie z. B. die oberflächlichen Zellennetze auf Taf. V. zum Theil geradezu aus dem Kopfe gezeichnet sind. Die speciellere Widerlegung dieser angeblichen Entdeckung wird *Schacht* in kurzem in der botanischen Zeitung liefern.



139. *Pteris spec.:* *a* Keimende Spore. *b* Anfang zur Bildung des Vorkeims. *c* Antheridie.

---

* Beitrag zur Entwickelungsgeschichte des Sporangiums wie der Spore einiger Farnkräuter (Botanische Zeitung 1849. Sp. 537 ff.)

** Zeitschrift für wiss. Bot. von *Schleiden* und *Nägeli.* Bd. I. Heft I. S. 168. (1844.)

§. 108.

Der Stengel der Farnkräuter besteht aus einer Parenchymmasse, welche von simultanen Gefässbündeln (§. 26.) durchzogen ist, und wenn letztere in einem mehr oder weniger geschlossenen Kreis stehen, in Eingeschlossenes, Mark (*medulla*), und Ausgeschlossenes, Rinde (*cortex*), unterschieden werden kann. In ihrem senkrechten Verlauf legen die Gefässbündel sich abwechselnd seitlich aneinander und bilden so ein Netz, dessen Maschen an ihrem obern Theile Zweige der Bündel zu den Blättern und Aesten, wo sie vorhanden sind, abgeben; bei den baumartigen Farn verlaufen noch im Mark einzelne zerstreute Gefässbündel, die durch jene Maschen aus- und in die Blätter treten. Häufig haben die Gefässbündel eine von Innen nach Aussen flachgedrückte bandförmige oder rinnenförmige Gestalt. Die Gefässbündel sind meist von einer Scheide sehr dickwandiger und (durch Gerbstoff und Humussäure?) braungefärbter, langgestreckter Zellen umgeben; auch durchziehen Bündel solcher Zellen allein den Stengel. Die Parenchymzellwände nehmen beim Absterben schnell eine hellere oder dunklere braune Farbe an. Bekannt ist der grosse Gerbstoffgehalt vieler Farnkräuter. Das Parenchym enthält häufig viel Stärkemehl, besonders die Basis des Blattstieles, z. B. bei *Marattia cicutaefolia*, auf einigen Südseeinseln als Nahrungsmittel dienend. In den Gefässbündeln sind poröse Gefässe mit kleinen Poren oder mit Spalten am häufigsten, doch kommen auch, zumal in den Blattstielen, abrollbare Spiralgefässe vor. Die Blätter bestehen selten (nur bei den Hymenophylleen) aus einer einfachen Zellenschicht, sonst gewöhnlich aus vielen, die zwei Lagen bilden, eine obere, aus kurz cylindrischen auf die Blattfläche senkrechten Zellen und eine untere, aus lockerem, kugeligem, oder schwammförmigem Parenchym. Ausserdem sind beide Seiten mit einer ächten Oberhaut bekleidet, die an der untern Fläche stets vollkommene Spaltöffnungen zeigt. Die obere Epidermis besteht nicht selten aus mehreren Zellenlagen. Ueber und unter den Gefässbündeln der Blätter kommen nicht selten isolirte Bündel von Bastzellen vor. Die Blätter enthalten eine grosse Menge von Kalisalzen.

Der Versuch, den Stengel der Farn als nur aus verwachsenen Blattstielen darzustellen, ist so ganz ohne Berücksichtigung der Entwickelungsgeschichte, also der einzig möglichen Begründung dargestellt, dass es nicht der Mühe lohnt, noch dagegen zu streiten. Die Keimung zeigt, dass die Anlage zum Stengel vor allen Blättern und Blattstielen vorhanden ist. Ueber die Anatomie des Stengels haben wir das schon erwähnte Werk von *Mohl*, welches freilich ohne seine Schuld noch viel zu wünschen übrig lässt. Auch hier fehlen lebendige Entwickelungsgeschichten. Durch eine gründliche Untersuchung derselben an einem baumartigen Farnstamm würde sich einer der vielen Reisenden in Brasilien ein grösseres Verdienst um die Wissenschaft erworben haben, als durch ein paar tausend getrocknete neue Species, die neben den 80,000, die wir schon haben, ohne Eine gründlich zu kennen, kaum des Erwähnens werth sind. Der Ring der Sporenfrucht zeigt ganz ähnlichen Bau, wie die Zähne bei der Laubmoosfrucht. In den Zellen der Fruchtwandung bei *Ophioglossum* und *Osmunda* glaube ich sehr zarte Spiralfasern gesehen zu haben.

VIII. Die Schafthalme (*Equisetaceae*).

§. 109.

Die Sporenzelle der Equiseten dehnt sich in einen Schlauch aus; an einem Ende desselben bilden sich neue Zellen, die allmälig eine mehrfach gelappte flache Ausbreitung einer einfachen Zellenlage darstellen, von denen mehrere Zellen sich in fadenförmige Haftfasern ausdehnen, Vorkeim (*proembryo*). An einem Punkte dieses Vorkeims bildet sich ein Zellgewebsknötchen, welches sich nach Unten zu einer Wurzel, nach Oben zu einer Knospe zu Stengel und Blatt entwickelt. Dieser Hauptstengel stirbt aber wahrscheinlich bei den meisten bald wieder ab, statt dessen entwickeln sich aus den Axillarknospen der ersten Blätter Seitenäste, die horizontal unter dem Boden fortlaufen, nie eine grüne Farbe annehmen und deren Seitenäste erst sich zum Theil vertical erheben und über der Erde erscheinen. Alle Stengel der Equiseten sind rund, meist gefurcht und regelmässig zwischen den aufeinander folgenden Blättern in die Länge gestreckt (Stengelglied, *internodium*). Am Ursprung der Blätter sind die Stengel etwas zusammengezogen und brechen hier leicht ab (Knoten, *nodi*). Die Blätter sind klein, schuppenartig, stets in einen Quirl gestellt und mit dem untern Theil ihrer Ränder in eine den Stengel eng umschliessende Scheide verwachsen. Die Axillarknospen der oberirdischen Stengel entstehen merkwürdiger Weise im Zellgewebe der Basis der Blätter und durchbrechen dann die sie bedeckende Gewebsschicht. Sie bilden ebenfalls Quirle, seltner haben auch sie wieder Seitenäste. An dem unterirdischen Stengel strecken sich einzelne Seitenäste zuweilen nicht in die Länge, sondern schwellen zwischen je zwei Blattkreisen kugelig, fleischig an und trennen sich dann leicht in ihre einzelnen Glieder und vom Stengel.

Ich selbst hatte noch keine Gelegenheit, die Keimung der Equiseten zu beobachten; die Darstellung ist nach *Vaucher** und *Bischoff***. Aber beide lassen noch viel zu wünschen übrig. Es ist mir ganz unbegreiflich, wie Jemand hinschreiben kann: »es setzen sich neue Zellen an, es schieben sich neue Zellen zwischen,« ohne die nächstliegende Frage: »wo kommen die Zellen denn her?« auch nur zu berühren. Es ist ein Beispiel, wie schwer es ist, Beobachtungen rein wiederzugeben, denn es ist geradezu unwahr, wenn einer so erzählt; was er sah, ist nur: in einem Falle weniger, im andern mehr Zellen; das Ansetzen und Zwischenschieben der Zellen stammt nur aus der Phantasie, nicht aus der Beobachtung. Zu bemerken ist noch, dass an dem primären Stengel die ersten Blattkreise fast nicht von einander entfernt sind, und dass die Ausdehnung der Stengelglieder erst weiter nach Oben anfängt.

§. 110.

An den Spitzen der oberirdischen Stengel oder deren Aeste (oft an besonderen astlosen Stengeln) bilden sich mehrere dicht aufeinander folgende Blattquirle zu einem eiförmigen Fruchtstand aus. Die einzelnen Blätter (*sporophylla*) verändern sich dabei auf eine eigne Weise, indem sie die Gestalt einer meist sechsseitigen, in der Mitte auf einem Stiel befestigten Scheibe annehmen. Auf und aus der untern, innern Fläche dieser Scheibe entwickeln sich halbkugelig fünf bis sieben Sporen-

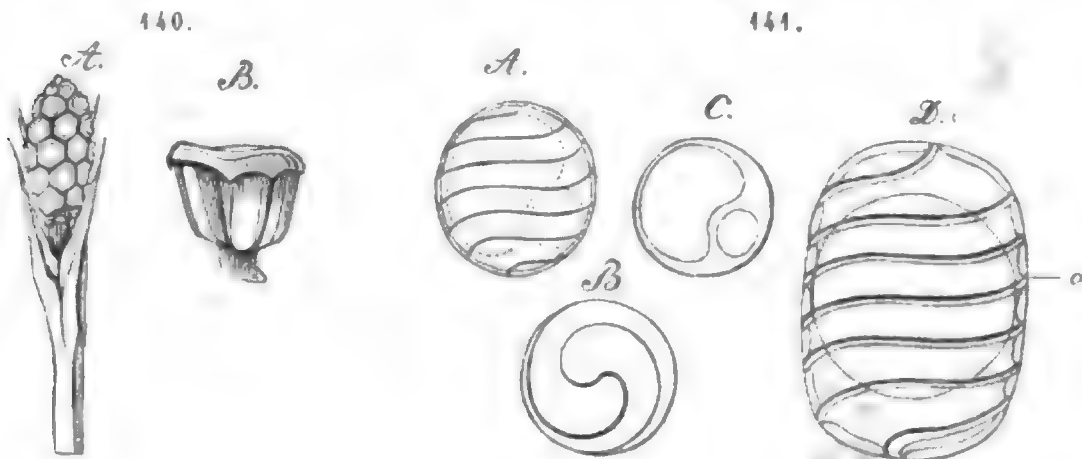
---

* *Mém. d. Mus. d'hist. nat. Vol. X. p.* 429.

** Die kryptogamischen Gewächse. S. 40 ff.

früchte. Von ihrem Zellgewebe bilden zwei Lagen die Fruchtwandung. Die inneren Zellen werden Mutterzellen (*sporangia*) und jede von ihnen entwickelt auf einem deutlichen Cytoblasten eine Spore. Gleichzeitig bilden sich in der Mutterzelle zwei Spiralbänder, die anfänglich die innere Wand vollständig bedecken und an beiden Enden abgerundet und etwas verbreitert fest ineinander schliessen. Später werden durch Ausdehnung der Mutterzelle die Windungen etwas entfernt. Zur Zeit der Sporenreife zerreissen die sehr hygroskopischen Spiralbänder die äusserst zarte Wand der Mutterzelle, schlagen sich auseinander, bleiben aber in der Mitte an der Spore kleben. Die Sporenfrüchte reissen dann mit einer Längsspalte auf und lassen die Sporen heraus.

Der ganze Fruchtstand der Equiseten (140, *A*, *B*) ist weder morphologisch noch anatomisch durch irgend ein wesentliches Merkmal, welches etwa auch nur einen specifischen Unterschied begründen könnte, von dem Antherenstande bei *Taxus* zu unterscheiden*, wenn man die eigenthümliche Ausbildung der Mutterzellen der Sporen (141, *A*—*D*) bei Seite setzt. Aber gerade diese Eigenschaft ist's auch, welche die



Phantasie der Botaniker eine Zeitlang gar sehr in Contribution gesetzt hat. Natürlich konnten die Equiseten der Antherenmanie nicht entgehen. Da sich nichts anderes vorfand, mussten die unschuldigen Spiralfibern herhalten, zumal da hin und wieder an denselben einige Schleimkörnchen kleben blieben. Schon 1833 hatte *H. Mohl*** die richtige Erklärung gegeben, ich selbst habe oft den Entwickelungsgang, noch ehe ich *Mohl's* Beobachtungen kannte, bis zu demselben Resultate verfolgt, was kinderleicht ist. Wenn nun *Link**** Anno 1841 noch von Antheridien spricht in einem Werke, wo man nicht nur vollständige Benutzung des vorhandenen Materials, sondern billiger Weise auch eigne, gründliche Untersuchungen erwarten dürfte, so beneidet man einen Mann, der sich die Arbeit so leicht zu machen versteht. *Meyen* hat nichts darüber; in seinem System der Physiologie fehlen die Lycopodiaceen und Equisetaceen.

140. *Equisetum limosum.* *A* Fruchttragendes Stengelende. *B* Einzelnes Sporenblatt daraus von der Seite, stärker vergrössert.

141. *Equisetum arvense.* *A* Junge Mutterzelle mit spiraliger Verdickungsschicht. Die punktirten Linien zeigen die durchscheinende Spore mit ihrem grossen Cytoblasten. *B* Dieselbe Mutterzelle von oben gesehen. *C* Die Spore daraus. *D* Völlig ausgebildete Mutterzelle mit der Spore darin. *a* Zwischenraum zwischen den Windungen der Spiralfasern.

* Vergl. auch *Mohl*, Sporang. der Kryptog. S. 7.

** *Flora* von 1833 über die Sporen der kryptogam. Gewächse S. 15 und das vorige Citat.

*** *Filicum species etc. p.* 9.

§. 111.

Der Equisetenstengel besteht aus ziemlich lockerem Parenchym, welches durch einen Kreis von ungefähr sechs bis zehn succedanen, geschlossenen (?) (§. 26.) Gefässbündeln in Mark und Rinde geschieden wird. Besonders im unterirdischen Stengel werden die äusseren Rindenzellen allmälig derbwandiger und porös. Abwechselnd mit je zwei Gefässbündeln bilden sich in der Rinde durch Zerreissung und Resorption des Zellgewebes Luftlücken. Eine ähnliche entsteht in der Axe des Markes. Die Gefässbündel bilden sich von Innen nach Aussen hin aus, enthalten nach Innen Ringgefässe, dann Spiralgefässe, endlich poröse Gefässe. Der zuerst gebildete Theil stirbt schon früh ab, die Zellen zerreissen und so bildet sich im Gefässbündel selbst eine Luftlücke, in welche man oft Ring- oder Spiralgefässe frei hineinragen oder ihre Reste hineingefallen sieht. Bei den gefurchten Stengeln liegen in den hervorspringenden Leisten Bündel dickwandiger, langgestreckter (Bast-) Zellen, zuweilen liegt eine solche Schicht unter der ganzen Oberhaut des Stengels (z. B. *Eq. fluviatile*). An den Knoten legen sich die Gefässbündel enge zu einem geschlossenen Kreis aneinander und geben von hier Zweige für die Blätter und Seitenäste ab. Auch das Parenchym ist in den Knoten kleinzelliger und dichter. Die Blätter haben Ein Gefässbündel und auf der äussern Fläche Ein Bastbündel, zwischen beiden eine Luftlücke. Ihre freien unverwachsenen Enden sind meist, nur mit Ausnahme der mittleren Partie, aus zwei dünnen Zellenlagen gebildet, trocken und häutig. In der Mitte sind sie, wie die Stengel selbst, mit einer ausnehmend festen Oberhaut, die deutliche, meist reihenweis gestellte Spaltöffnungen zeigt, bekleidet, deren Zellen nach Aussen meist warzenförmig verdickt sind. In den Zellenwandungen, insbesondere in den Warzen lagert sich eine ausserordentliche Menge Kieselerde in Gestalt kleiner Blättchen ab, die man durch concentrirte Schwefelsäure, die nur die vegetabilische Substanz zerstört, isoliren kann, die beim Glühen aber durch die gleichzeitig vorhandenen Kalisalze zusammensintern und dann in der Asche vollständig alle Formen der lebenden Pflanze festhalten*. Die innere Lage der Sporenfruchtwand besteht aus den zierlichsten Spiralfaserzellen. Die kugelig angeschwollenen unterirdischen Aeste enthalten im dichten Zellgewebe Stärkemehl (?) und Oel und haben nur ganz kleine verkümmerte Gefässbündel.

Eine Eigenthümlichkeit fand ich oft an den unterirdischen Stengeln. Die die Luftlücken begrenzenden, meist etwas langgestreckten Zellen fangen nämlich sehr spät noch einmal an, in ihrem Innern Zellen zu entwickeln. Diese drängen anfänglich einzelne Stellen in der Wand der Mutterzelle blasig in die Luftlücke hinein, später dehnen sie sich völlig kugelig aus, schnüren sich ab und füllen so die Luftlücke zum Theil wieder mit lockerm, kugeligen Zellgewebe aus. Ich kann noch nicht entscheiden, ob dies krankhaft oder gesetzmässig ist.

B. Geschlechtspflanzen (*Plantae gamicae*).

§. 112.

Die Geschlechtspflanzen charakterisiren sich sogleich als eine zusammengehörige, grosse Abtheilung der Pflanzen durch den eigenthümlichen Process bei der

* *Struve, de silicia in plantis nonnulla.* Berlin 1835.

Bildung eines neuen Individuums und der dazu nothwendigen doppelten, wesentlich verschiedenen Organe. Erstens entwickeln sie mit einer eigenthümlichen Haut sich umkleidende Zellen zu vieren in einer Mutterzelle (Sporangium der Agamen), welche später resorbirt wird, weshalb jene bei ihrer vollkommenen Ausbildung frei in einem aus Zellen gebildeten Säckchen (Sporenfrucht bei den Agamen) liegen. Dieses Säckchen nennt man hier Staubbeutel (*anthera*), die Sporen selbst aber Pollen, Pollenkörner (*pollen*, *granula pollinis*), ihre eigenthümliche Hülle, äussere Pollenhaut. Zweitens bilden die Geschlechtspflanzen einen zelligen, eiförmigen oder länglichen, wenigstens an der Spitze freien Körper, in welchem sich Eine Zelle so sehr vergrössert, dass sie einen Theil der übrigen zur Resorption bringt und so eine bedeutende Höhle in den Körperchen bildet. Das Körperchen selbst nennt man Saamenknospe (*gemmula*), die grosse Zelle Embryosack (*sacculus embryoniferus*). Der letztere enthält Cytoblastem, aus welchem sich (nur bei den Rhizocarpeen nicht) immer Zellen bilden, die allmälig den Embryosack ausfüllen, bis sie häufig vom nachwachsenden Embryo wieder verdrängt werden. Die Entwickelung der neuen Pflanze geschieht hier so, dass sich die Zelle des Pollenkorns zu einem Schlauche ausdehnt, der durch räumliche und andere Verhältnisse begünstigt in die Saamenknospe bis an den Embryosack eindringt, und dass dieses Ende des Schlauches, während das andere Ende abstirbt, neue Zellen entwickelt, die sich zur rudimentären Pflanze, dem Embryo (*embryo*), anordnen.

Ich habe hier nur diejenigen Verhältnisse zur Darstellung gewählt, die von allen genauern Forschern in neuerer Zeit für die Phanerogamen zugegeben werden (über die Rhizocarpeen vergleiche man die specielle Ausführung). Indem ich aber die wesentlichen Momente hervorhebe, nämlich die völlig gleiche Bildungsgeschichte und Natur des Pollens im Vergleich mit den Sporen der Agamen, die völlig gleiche Ausbildungsweise des Pollens zum Schlauch, dessen eines Ende (auf welche Weise, mag hier vorläufig dahingestellt bleiben, da wir dieses Moment gerade bei den Agamen noch zu wenig kennen) neue Zellen bildet, die sich allmälig zur Pflanze anordnen, während das andere Ende abstirbt, verglichen mit der Keimung der Moose, Farnkräuter u. s. w., indem ich, wie gesagt, dieses Gleiche scharf auffasse, zeigt sich von selbst, was als Neues bei den Geschlechtspflanzen hinzukommt, nämlich die Saamenknospe, innerhalb welcher die Entwickelung des einen Endes des Pollenschlauchs zur neuen Pflanze allein vor sich gehen kann. Fassen wir nun von der Saamenknospe die allgemein vorkommenden, also wesentlichen Merkmale auf, nämlich die übermässige Ausbildung einer einzelnen Zelle (zum Embryosack) innerhalb eines an einem Ende freien zelligen Körperchens und den Gehalt an Cytoblastem, aus welchem sich wenigstens bei allen Phanerogamen Zellgewebe bildet, so liegt eine kaum zu verkennende Analogie mit den Antheridien der Laub- und Lebermoose klar vor und wir haben an diesen Gebilden ein interessantes Beispiel in der Pflanzenwelt (wie sie in der Thierwelt öfter vorkommen), dass in Einer Gruppe ein bestimmtes Product der formbildenden Thätigkeit (ein morphologisches Organ) auftritt, ohne dass sich damit zugleich dieselbe physiologische Bedeutung verbände, wie in einer andern Gruppe, und das morphologische Organ so auch zu demselben physiologischen Organ würde. Auf der andern Seite können wir aber auch, nachdem wir so das Gleiche in beiden grossen Gruppen aufgefasst haben, das von diesem Gleichartigen offenbar Abhängige als sichern Anhaltspunkt für analoge Schlüsse benutzen. Haben wir einmal Pollenkorn und Spore identificirt, haben wir die Entwickelung des Pollenkorns und der Spore zur neuen Pflanze in den Hauptpunkten gleich gefunden, so dürfen wir auch für die untergeordneten Punkte Gleichheit erwarten. Nun ist aber gewiss, dass bei den Agamen das eine Ende des Sporenschlauchs (z. B. bei Farnkräutern und Equisetaceen) ohne Einwirkung eines andern

Organs neue Zellen als Grundlage der neuen Pflanze entwickeln könne. Ich suche daher auch bei den Phanerogamen den wesentlichsten Grund der neuen Zellen- und der darauf folgenden Embryobildung in der Entwickelungsfähigkeit des einen Endes des Pollenschlauchs, welche durch die Einwirkung des Embryosacks vielleicht hervorgerufen und modificirt wird, aber weder ihm selbst noch seinem Inhalte als eigenthümlich, oder ausschliesslich zukommt. Dadurch gewinnen wir zwar noch keinen Abschluss für die Natur der Geschlechtspflanzen (vgl. oben S. 102, b. ff.), wohl aber eine treffliche leitende Maxime, die uns bei den fernern Untersuchungen und bei Beurtheilung der gewonnenen Resultate führen kann. So würde meine Beurtheilung der Bildung des Embryos bei den Phanerogamen sich selbst dann rechtfertigen, wenn mir nicht auch meine entschiedenen Beobachtungen zur Seite ständen, und *Meyen** Recht hätte, dass sich die neuen Zellen aussen an der Spitze des Pollenschlauchendes (nicht wie ich gesehen habe, im Innern derselben) bildeten. Dieselbe Bildungsweise könnte ja auch bei den Agamen stattfinden, wie z. B. *Mirbel* in seiner angeführten Arbeit über *Marchantia* wirklich behauptet, welche Untersuchungen ich freilich noch für sehr unvollständig halten muss. Dagegen, dass sich die ersten Zellen des Embryos nicht innerhalb des Embryosacks bilden, während der Pollenschlauch draussen bleibt, spricht abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit, dass sich bei diesem Vorgange drei so ganz wesentlich verschiedene Formen zeigen sollten, selbst ohne an bestimmte Gruppen gebunden zu sein, wie *Meyen*** nach seinen eignen Beobachtungen zugeben müsste, auch die aus der Untersuchung der Rhizocarpeen herzunehmende Analogie, indem sich bei diesen ohne Zweifel der Embryo aus dem Pollenschlauchende ausserhalb und kaum in unmittelbarer Berührung mit dem Embryosack bildet.

§. 113.

Alle Geschlechtspflanzen haben Stengel und Blätter, letztere wenigstens in den Blüthentheilen. Bei den Phanerogamen ist die Anthere ohne alle Frage nur ein modificirtes Blatt, die Saamenknospe höchst wahrscheinlich ein modificirtes Stengelende; für die Rhizocarpeen ist wegen mangelnder Entwickelungsgeschichte noch gar keine solche Deutung möglich.

---

a. *Plantae athalamicae.*

§. 114.

Das Charakteristische für diese Gruppe und das Unterscheidende von den Phanerogamen ist, dass hier sich Saamenknospe und Pollen unvereinigt von der Pflanze trennen, dass erst später die schlauchförmig ausgedehnte Pollenzelle in die Saamenknospe eintritt und dann in Einem Vegetationsact zur vollständigen Pflanze ausbildet.

---

* Physiologie B. 3, S. 307 ff.

** Z. B. Physiologie Bd. 3, S. 307 und 8, verglichen mit 310 und 311 und noch entschiedener 313.

IX. Rhizocarpeen (*Rhizocarpeae*).

§. 115.

Bei den Rhizocarpeen trennen sich zum Behuf der Entwickelung eines neuen Individuums zwei sehr verschiedene Theile, nämlich Pollenkörner und Saamenknospe von der alten Pflanze. Die Ersteren haben den gewöhnlichen Bau, bestehend aus einer Zelle (Pollenzelle) und der äussern Pollenhaut. Die anderen zeigen folgenden Bau: eine sehr grosse, derbwandige Zelle, sehr grosse Stärkemehlkörner, Schleim und Oel enthaltend (der Embryosack), ist von einer weissen, lederartigen Haut, die aus sehr kleinen, fast nicht zu unterscheidenden Zellen gebildet wird, umschlossen; diese Haut bildet an einem Ende eine Warze, Knospenkern (*nucleus*), die zuweilen noch von drei Lappen derselben Haut (bei *Salvinia*), oder von einer Vereinigung dieser drei Lappen zu einer an der Spitze offenen Hülle (bei *Marsilea*), einfache Knospenhülle (*integumentum simplex*) genannt, bedeckt wird. Das Ganze ist ein zelliges Säckchen, das Saamensäckchen (*sacculus*), eingeschlossen (bei *Salvinia*) oder von einer Schicht ganz gelatinöser, fast zusammenfliessender Zellen umgeben (bei *Pilularia* und *Marsilea*). Die Zelle des Pollenkorns dehnt sich in einen längern (*Salvinia*) oder kürzern (*Pilularia*) Schlauch aus. Gleichzeitig entwickeln sich die Zellen des Knospenkerns nahe der Spitze des Embryosacks, werden deutlich unterscheidbar und locker, füllen sich mit Chlorophyll u. s. w. und durchbrechen den Knospenkern, so dass sie frei hervorragen, Kernwarze (*mamilla nuclei*). Kommt nun ein Pollenschlauch in Berührung mit diesen Zellen, so drängt er sich zwischen dieselben tief hinein bis an eine Schicht kleiner grüner Zellen, die den Embryosack unmittelbar bedeckt (*Pilularia* und *Salvinia*), und dehnt sich dann blasenförmig aus, indem er das ihn umgebende Zellgewebe verdrängt, welches aber fortfährt sich zu entwickeln, und als ein grösserer oder kleinerer grüner Körper aus der Saamenknospe hervorragt, bei *Salvinia* sich in zwei seitlich herabhängende Fortsätze streckt, während bei *Pilularia* ein Theil der oberflächlichen Zellen sich zu langen, haarähnlichen Fasern ausdehnt. Im blasenförmigen Ende des Pollenschlauchs entwickelt sich Zellgewebe, welches, sich zum Embryo anordnend, zuletzt mit dem einen Ende die Kernwarze der Saamenknospe, die jetzt ein dünnwandiges Säckchen darstellt, durchbricht, welche letztere dabei die Form einer runden Scheide (*Pilularia*), oder eine flache, zweilippige Gestalt (*Salvinia*) annimmt. Bei *Salvinia* bildet der hervortretende Embryo einen Stiel, der sich oben in eine flache, auf dem Wasser schwimmende Scheibenform ausbreitet (erstes Blatt, *cotyledon*), aus deren Anheftungspunkt unterhalb eines verticalen Einschnitts derselben eine schon früher angelegte Knospe sich zu einem Stengelchen, das an beiden Seiten beblättert ist und nach Unten Nebenwurzeln ausschickt, ausbildet. Bei *Pilularia* entwickelt sich das hervortretende Ende des Embryo zu einem aufrechten grünen Faden (erstes Blatt, *cotyledon*), an dessen Basis sich eine schon früher angelegte Knospe zu einem Stengel mit langen fadenförmigen Blättern ausbildet. Der dem hervortretenden Ende entgegengesetzte Theil des Embryo wird zur Wurzel und durchbricht, obwohl später, die grüne, dann auch hier als Scheide erscheinende Kernwarze der Saamenknospe. Von den entwickelten Pflanzen wachsen *Pilularia* und *Marsilea* in Sumpfboden. Ihr dünner Stengel geht horizontal fort mit verlängerten Internodien, bildet an den Seiten stets etwas unterhalb der kolbig angeschwollenen Spitze Blätter, die bei *Pilularia* fadenförmig sind, bei *Marsilea* aus

einem langen Blattstiel (*petiolus*) und einer vierlappigen Blattscheibe (*lamina*) bestehen, nach Unten treibt der Stengel beständig Nebenwurzeln, verästelt sich durch Entwickelung von Axillarknospen, und, wie es scheint, auch durch gabelförmige Theilungen an der Spitze des Stengels. Die *Salvinia* dagegen schwimmt frei auf dem Wasser, ihr ebenfalls dünnes Stengelchen mit kurzen Internodien trägt an beiden Seiten kurz gestielte, flache, eiförmige Blätter, senkt nach Unten aus den Fruchtstielen Nebenwurzeln ins Wasser, und verästelt sich wenig durch Entwickelung von Axillarknospen. *Azolla*, ein tropisches Geschlecht, gleicht einem zarten, auf dem Wasser schwimmenden Lebermoose. Seine Entwickelungsgeschichte ist noch völlig unbekannt.

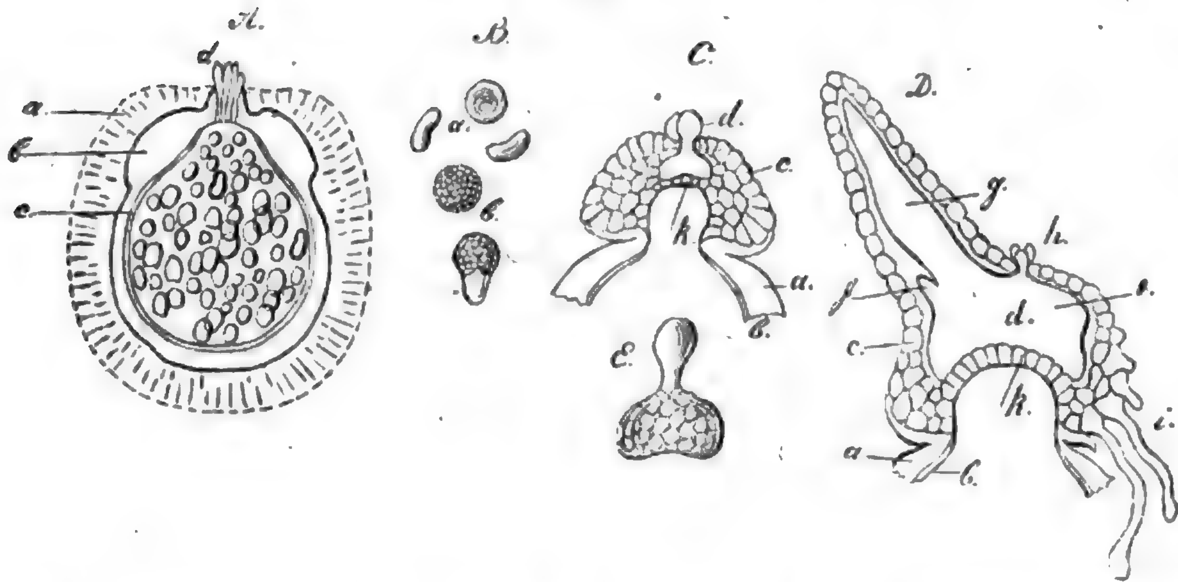
Als ich im Jahre 1837* in meinem Ueberblick der Entwickelungsgeschichte bemerkte, wie ich glaube, dass gerade bei den Rhizocarpeen noch viel zu untersuchen sei, schwebte mir dreierlei vor, einmal die eigenthümliche, zwar von Vielen beschriebene, damals von Keinem noch recht gewürdigte Bildung der Fortpflanzungsorgane, zweitens die unbegreifliche Lückenhaftigkeit aller bisherigen Keimungsgeschichten, und drittens eine noch vereinzelte, an *Salvinia* gemachte Beobachtung. In erster Beziehung war mir die wesentliche Aehnlichkeit der sogenannten grösseren Sporen mit der Saamenknospe, die der kleinern mit den Pollenkörnen der Phanerogamen hauptsächlich merkwürdig. Den zweiten Punkt betreffend fiel mir auf, dass Keimung entweder die blosse Entwickelung einer schon vollständig angelegten Pflanze, des Embryo's (bei den Phanerogamen), oder die Ausbildung einer einzelnen Zelle zu einer neuen Pflanze (bei den Kryptogamen) bedeutet, dass man aber bei den Mittheilungen über die Keimung der Rhizocarpeen weder daran gedacht, den entwickelungsfähigen Embryo aufzuweisen, noch eine einzelne sporenähnliche Zelle in ihrer Ausbildung zur Pflanze zu verfolgen. Endlich drittens hatte ich an einem Durchschnitt einer Saamenknospe von *Salvinia*, welche schon einige Zeit zum Keimen im Wasser gelegen, eine fadenförmige Zelle gesehen, welche von einem etwas seitlichen Punkte des Embryosackes schräg durch das grüne Zellgewebe verlief und noch bedeutend ausserhalb der Saamenknospe heraushing, hier aber abgerissen erschien. Sobald ich Gelegenheit hatte, nahm ich eine genaue Untersuchung vor und hatte bald die Genugthuung, den vollständigen Entwickelungsprocess, wie ich ihn im Paragraphen geschildert, erst an *Salvinia* aufzufinden und später noch mit leichterer Mühe an *Pilularia* zu bestätigen. Bei *Salvinia* ist mir mit aller Geduld doch erst dreimal gelungen, den Schnitt so glücklich zu führen, dass ich den ganzen Verlauf des Pollenschlauchs vor mir hatte. Da er schräg verläuft und die winzig kleine Saamenknospe äusserlich keinen Anhaltspunkt darbietet, muss man natürlich auf gut Glück zuschneiden. Bei etwas weiterer Entwickelung der Saamenknospe gewährt aber die Form der Kernwarze schon Anleitung genug, um den Schnitt sicher führen zu können. Bei *Pilularia* (142) dagegen ist es mir häufig gelungen, die Pollenkörner (142 *B*) mit ihrem in der Samenknospe (*C*) schon blasenförmig angeschwollenen Schlauchende (*E*) vollständig und unverletzt herauszupräpariren. Auch ist hier die Verfolgung der ganzen Entwickelungsgeschichte durchaus nicht sehr schwer. Gewöhnlich drängen sich hier drei bis vier Pollenschläuche in eine Saamenknospe, von denen aber nur einer tief eindringt und zum Embryo wird (142 *B. b, C. d, E*); wegen der geringen Länge des Schlauches sitzen die Pollenkörner selbst ganz nahe an der Saamenknospe, nach und nach verlieren sie ihre äussere Pollenhaut und erscheinen dann wie drei oder vier birnförmige Bläschen, die aus der Saamenknospe hervorgegangen sind (142 *D. h*), wie *Müller*** die Sache

---

* *Wiegmann's* Archiv, Jahrgang 1837. Bd. 1. S. 316. Abgedrückt in den botanischen Beiträgen Bd. 1.

** Ueber das Keimen der *Pilularia globulifera* in der *Flora* 1840. Nr. 35. S. 545, ein übrigens vortrefflicher Aufsatz mit vielen sehr genauen Beobachtungen.

142.



auch wirklich angesehen hat. *Nägeli** hat neuerdings meiner Befruchtungsgeschichte bei *Pilularia* widersprochen. Da ich keine Gelegenheit gehabt habe, meine früheren Beobachtungen zu wiederholen, so muss ich vorläufig bei meinen früheren Behauptungen bleiben. Die Entwickelungsgeschichte von *Marsilea* hat mir bis jetzt noch nicht zu Gebote gestanden. Was darüber von *d'Esprit Fabre*** mitgetheilt ist, kenne ich leider nur aus *Meyen's**** Jahresbericht, wo die Darstellung, ob durch des Verfassers oder des Referenten Schuld, weiss ich nicht, sehr oberflächlich und unvollständig ist. Die grosse Uebereinstimmung des Baues mit *Pilularia* lässt aber erwarten, dass hier keine Abweichung im Wesentlichen statthaben werde. Zwei Punkte muss ich bei den beobachteten Entwickelungsgeschichten noch hervorheben. Wie bemerkt, kommt der Pollenschlauch nicht in unmittelbare Berührung mit dem Embryosack, da eine einfache Lage grüner Zellen (142 *C. k*, *D. k*) die Spitze des Embryosacks dicht bedeckt. Der Embryosack hat vor der Ausbildung der Kernwarze eine sehr derbe, fast lederartige Zellenmembran, später dehnt er sich, soweit ihn die genannte Zellenschicht der Kernwarze bedeckt, halbkugelig (bei *Salvinia*), oder selbst zu einem längern oben abgerundeten Cylinder (bei *Pilularia*) aus und zeigt deshalb an dieser Stelle eine äusserst zarte Membran, die nach Unten in die unveränderte derbe übergeht (142 *D. b*). Der eingedrungene, blasig aufgetriebene Pollenschlauch bildet noch für längere Zeit einen zarten Ueberzug der sich bildenden Pflanze (142 *E*),

142. *Pilularia globulifera.* *A* Durchschnitt durch eine Saamenknospe im Anfang der Entwickelung. *a* Gallertartige Hülle. *b* Lederartige Hülle. *c* Embryosack mit Stärke und Oeltropfen erfüllt. *d* Kernwarze. *B* Pollenkörner. *a* Frisch aus dem Pollensäckchen. *b* Im Wasser aufgequollen und im Anfang der Schlauchbildung. *C* Oberer Theil der Saamenknospe nach Eindringen der Pollenschläuche *d*. *a* Lederartige Hülle. *b* Embryosack. *c* Knospenkern und Kernwarze. *k* Zellenschicht, welche den Pollenschlauch vom Embryosack trennt. *E* Pollenschlauch aus *C* freipräparirt, oben zeigt er den jetzt entblössten Theil, welcher von der äussern Pollenhaut umschlossen war, in der Mitte den schmälern eigentlichen Schlauch und unten den breit ausgedehnten und schon mit Zellgewebe erfüllten Theil, welcher sich zur Keimpflanze entwickelt. *D* Oberes Ende der Saamenknospe in einer noch weiter fortgeschrittenen Entwickelung. *a* Lederartige Hülle. *b* Embryosack. *c* Knospenkern und Kernwarze durch Entwickelung der Keimpflanze zum Säckchen ausgedehnt. *d* Stengelende der Keimpflanze (*e*). *g* Erstes Blatt (Cotyledon). *h* Pollenschlauch. *f* Erste Axillarknospe. *i* Haarförmig ausgedehnte äussere Zelle des Knospenkerns. *k* Zellenschicht, welche Keimpflanze und Embryosack trennt.

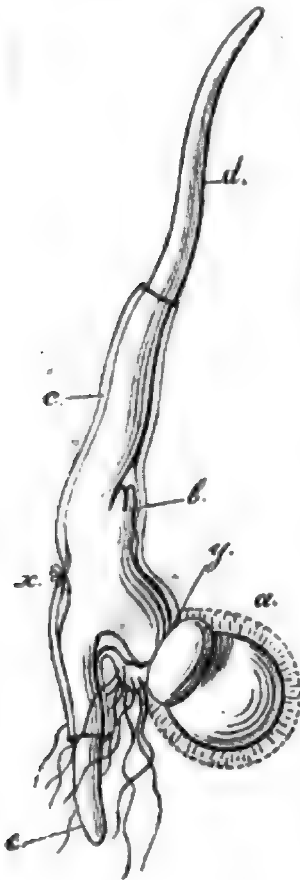
* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft III und IV, S. 188 ff.

** *Ann. des scienc. nat.* 1837. *Avril p.* 221.

*** *Wiegmann's* Archiv, Jahrg. 1838. Bd. 2. S. 82.

welche selbst sehr spät noch an dem Punkte, wo der Pollenschlauch eingedrungen, und der sich immer daran erkennen lässt, dass die drei bis fünf benachbarten Zellen bräunlich, wie abgestorben erscheinen, befestigt bleibt. Man kann an diesem eingedrungenen Stück des Pollenschlauchs zwei Enden unterscheiden, das obere beim Eindringen vorangehende, geschlossen geendete (143 *y*) und das andere, welches sich nach Aussen in das Pollenkorn verliert (143 *x*). Das erstere legt sich fest an die den Embryosack bedeckende Zellenschicht, man kann es das Stengelende nennen, das andere dagegen das Wurzelende. Im übrigen Umfange bleibt der Pollenschlauch und somit auch der Embryo völlig frei. Dicht neben dem Stengelende nun entwickelt sich unmittelbar da, wo seine Verbindung mit der Zellenschicht der Kernwarze aufhört, die Knospe (142 *D. f*, 143 *b*), die man hier als erste Seitenknospe, als Axillarknospe des ersten Blattes (142 *D. g*, 143 *d*), oder Cotyledons ansehen kann, denn die eigentliche Terminalknospe kommt wegen ihrer engen Verbindung mit der erwähnten den Embryosack bedeckenden Zellenschicht nicht zur Entwickelung. Die Schwierigkeit dieser Parallelisirung bei dem scheibenförmigen Cotyledon von *Salvinia* ist nur scheinbar; wenn wir nämlich den Cotyledon von *Lemna* als Anhaltspunkt für die Vergleichung nehmen. Die erste Seitenknospe bildet dann fortwachsend ganz im Einklang mit so vielen Phanerogamen, z. B. dem Spargel, einen horizontal fortwachsenden Stengel, Rhizom (*rhizoma*). Bei *Salvinia* findet gar keine weitere Entwickelung des Wurzelendes statt, bei *Pilularia* dagegen bildet sich stets an der, der Knospe entgegengesetzten Seite des Stengels (142 *D. e*) unmittelbar neben der festgehefteten Wurzelspitze eine Wurzel (143 *e*), die als Nebenwurzel anzusehen ist.

143.



§. 116.

An der ausgewachsenen Pflanze bilden sich aus dem untern Theile des Blattstiels (*Marsilea quadrifolia*), oder an der Basis desselben (*Marsilea pubescens*, *Pilularia*) kleine Knöpfchen, die später zu einer bald lang bald kurz gestielten Frucht auswachsen, oder es entspringt (bei *Salvinia*) an der Basis des Blattstiels ein kleiner ins Wasser hängender Ast, an welchem sich ährenförmig gestellt eine Menge kleiner Früchte ausbilden.

Die Frucht bei *Marsilea* ist fast eiförmig von zwei Seiten flach gedrückt. Eine derbe lederartige Haut, die später zweiklappig sich öffnet, umschliesst eine Höhle, die durch eine nach Oben zu unvollständige Längsscheidewand in zwei Fächer getheilt wird, welche wieder durch Querscheidewände in fünf bis zwölf Fächer getrennt sind. Von der Gegend des Anheftungspunkts der Frucht aus verläuft an der obern, von der Längsscheidewand nicht eingenommenen Seite ein bis auf jenen Anheftungspunkt völlig freier Strang gelatinösen Zellgewebes, welcher an beiden Seiten fünf bis zwölf Säckchen aus galatinösem Zellgewebe gebildet trägt, welche

143. *Pilularia globulifera*. Ziemlich weit vorgeschrittene Entwickelungsstufe. *a* Saamenknospe. *b* Axillarknospe der Keimpflanze. *c* Zur Scheide für die Keimpflanze ausgedehnter Knospenkern. *d* Erstes Blatt. *e* Erste Wurzel. *x* Pollenschläuche. *y* Wulstförmige Verdickung der lederartigen Hülle.

in jene Seitenfächer hineinhängen. Durch diese Säckchen läuft fast ganz an der Aussenseite ein Strang dichten, ebenfalls gelatinösen Zellgewebes, und an diesem sind die beiden Fortpflanzungsorgane so befestigt, dass die Saamensäckchen in geringerer Zahl nur den mittleren, der Längsscheidewand zugekehrten Theil einnehmen. Die gestielten Saamensäckchen umschliessen die schon beschriebene Saamenknospe so, dass der Knospenkern dem Stiel zugewendet ist; später zerreissen sie. Die Antheren sind unregelmässig birnförmige Säckchen, welche eine grössere Anzahl Pollenkörner enthalten, die aus der Pollenzelle, der äusseren Pollenhaut und noch aus einer eigenthümlichen Gallerthülle bestehen.

Die Frucht von *Pilularia* ist kugelrund. Die ebenfalls derbe, lederartige Haut, später vierklappig aufreissend, umschliesst eine Höhle, die durch verticale Scheidewände in vier Fächer getheilt wird. An der Mitte der äussern Wand jedes Faches verläuft ein Strang gelatinösen Zellgewebes, welcher auf seiner innern Seite die Antheren und Saamensäckchen trägt. Letztere unterscheiden sich nur dadurch von denen bei *Marsilea*, dass hier der Knospenkern an der dem Stiele gegenüberstehenden Seite liegt. Auch hier zerreisst das Saamensäckchen und entlässt die Saamenknospe. Die Antheren sind denen bei *Marsilea* gleich, den Pollenkörnern fehlt aber der gelatinöse Ueberzug, dagegen ist ihre äussere Pollenhaut derb und mit kleinen Wärzchen besetzt.

Bei *Salvinia* sind die Saamenknospen und Antheren in verschiedenen Früchten. An jeder Aehre ist eine obere, von den übrigen dichter gedrängten etwas entfernte Frucht, welche allein Saamenknospen enthält. Die Früchte selbst sind vertical gefurcht wie eine Melone, in jeder vorspringenden Rippe verläuft ein Luftgang, der wieder durch horizontale Scheidewände abgetheilt ist; übrigens ist das die Höhle umschliessende Zellgewebe zartwandig und wird allmälig aufgelöst, ohne dass die Frucht regelmässig aufspringt. In die Höhle ragt von der Basis der Frucht etwa bis auf die Hälfte ein nach Oben kugelig angeschwollenes Mittelsäulchen herein, welches auf seinem kugeligen Ende hier die Saamensäckchen, dort die Antheren trägt. Der Stiel der eiförmigen Saamensäckchen besteht aus mehreren Zellen nebeneinander. Die Säckchen (eine einfache Zellenschicht) umschliessen die Saamenknospen (deren Knospenkern wie bei *Pilularia* liegt) und reissen mit der Saamenknospe vom Stiel ab. Der Stiel der kugeligen Antheren besteht aus einer einfachen Zellenreihe. Die Pollenkörner haben eine sehr dünne, glatte, äussere Pollenhaut.

Azolla ist, wie ich glaube, noch lange nicht genügend untersucht; was man bis jetzt gefunden, lässt gar keine Beziehung auf analoge Organe bei den genannten Rhizocarpeen zu. Ich selbst habe noch keine untersuchen können und verweise für das Speciellere auf *Rob. Brown* * und *Meyen* **.

Zur Erläuterung gebe ich hier die Analyse der Fortpflanzungsorgane von *Salvinia natans* (144, 145 auf S. 332). Die Entwickelungsgeschichte der Frucht, die höchst interessante Resultate verspricht, ist bis jetzt noch keineswegs vollendet, obwohl *Mettenius* *** dankenswerthe Beiträge geliefert hat. Aus der Stellung der meisten Früchte (verglichen mit den Lycopodiaceen) ist mir überwiegend wahrscheinlich, dass wir es nur mit einer kleinen Portion eines Blattes zu thun haben, welche sich im

---

* Vermischte Schriften Bd. 3, S. 22, Bd. 1, S. 162 und Atlas von *Flinder's Voyage to terra australis*, woselbst *Ferd. Bauer's* schöne Abbildung.

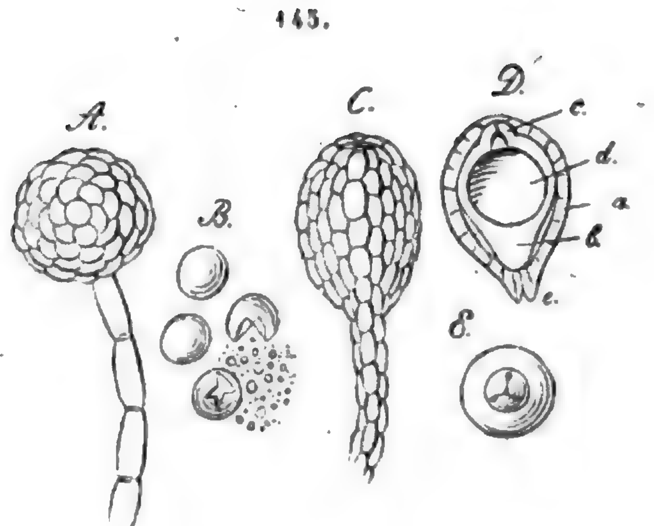
** *Acta Ac. C. L. N. C. Vol. XVIII. P.* 1. *pag.* 508.

*** Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen, Frankfurt a. M. 1846.

144.



145.



Innern so verschiedenartig ausbildet. Deshalb hat Anthere und Saamenknospe hier durchaus auch noch keinen andern Sinn, als den für die Geschlechtspflanzen allgemein angegebenen, und dass bei den Phanerogamen sich die Anthere nur aus einem Blatt, die Saamenknospe wahrscheinlich nur aus einem Stengel bildet, ist eben dieser Gruppe eigenthümlich, aber durchaus für den Begriff von Anthere und Saamenknospe nicht wesentlich. Auf diese Weise jedes Wort nur auf bestimmte Definition und nicht auf trübe Schemata der productiven Einbildungskraft beziehend, kann man Sicherheit und Fortschritt in die Wissenschaft bringen und sie von dem widrigen, nicht nur unfruchtbaren, sondern auch furchtbar verderblichen Hin- und Herreden über Worte, bei denen Jeder etwas Anderes denkt, befreien. Besonders eigenthümlich scheint die Entwickelung bei den Saamenknospen von *Pilularia*. Hier fand ich in einigen frühern Zuständen das Saamensäckchen zum Theil mit zarten, wasserhellen, kugeligen Zellen, zum Theil mit Gruppen von vier tetraedrisch vereinigten Zellen gefüllt, von den letztern dehnte sich eine allmälig bedeutender aus, vorzugsweise aber an Einer Gruppe, die gerade das Centrum des Saamensäckchens einnahm, so dass diese bald den grössten Theil des Raums ausfüllte und als zukünftiger Embryosack nicht mehr zu verkennen war. Alles übrige Zellgewebe scheint sich später in die lederartige Hülle des Embryosacks und die gelatinöse der Saamenknospe umzuwandeln, hier fehlen mir aber noch die Beobachtungen. *Mettenius* (a. a. O.) glaubt die ganze lederartige Hülle der Saamenknospen bei den Rhizocarpeen als eine Absonderung des Embryosacks ansehen zu müssen.

Ich habe die Rhizocarpeen deshalb so weitläufig behandelt, einmal, weil bei den bisherigen Mittheilungen noch keineswegs die so sehr wünschenswerthe Vollständigkeit und Genauigkeit erreicht war und ich einige nicht unerhebliche Beiträge glaubte liefern zu können, dann aber auch, weil ihre Stellung als entschiedenes Mittelglied zwischen Phanerogamen und Kryptogamen, ihre genauere Kenntniss im höchsten Grade wichtig und folgenreich macht.

144. *Salvinia natans*. Stück einer blühenden Pflanze mit zwei Blättern, einem abwärts ins Wasser gesenkten Zweige, aus welchem ein Wurzelbüschel entspringt und welcher unten Kapseln mit Pollensäckchen, oben etwas von den andern entfernt eine einzige Kapsel (*a*) mit Saamensäckchen trägt.

145. *Salvinia natans*. *A* Pollensäckchen. *B* Pollenkörner, zwei zerdrückt nebst Inhalt. *C* Saamensäckchen. *D* Dasselbe im Längsschnitt. *a* Saamensäckchen. *b* Lederartige Haut der Saamenknospe. *c* Dreilappige Knospenhülle, den Knospenkern umgebend. *d* Embryosack. *e* Stelle, wo der Stiel des Saamensäckchens befestigt war. *E* Spitze der Saamenknospe von Oben gesehen.

§. 117.

Der Bau der Rhizocarpeen ist im Ganzen sehr einfach. Der Stengel besteht aus einem centralen Gefässbündel mit einigen Spiralgefässen und einer Rinde, in der ein Kreis grosser Luftcanäle verläuft, die nach Aussen von einer einfachen (*Salvinia*) oder mehrfachen (*Pilularia* und *Marsilea*) Zellenschicht bedeckt sind. Die Scheidewände in den Luftgängen der letzteren bestehen aus sehr zierlichen, sternförmigen Zellen. Bei den beiden letzteren ist das Gefässbündel in eine einfache Lage gestreckter Parenchymzellen mit bräunlichen Wänden eingeschlossen. Das Blatt von *Pilularia*, der Blattstiel von *Marsilea* sind ganz wie der Stengel von *Salvinia* gebaut, und nur noch mit einer Epidermis mit Spaltöffnungen überzogen. Die Blattscheibe von *Salvinia* besteht aus einer obern, mittlern und untern Zellenschicht, die von einander entfernt sind, während die dadurch entstehenden Räume durch verticale Scheidewände, deren Zellen geschlängelte Seitenwände zeigen, in grosse Lufthöhlen eingetheilt sind. Die obere Zellenschicht besteht aus polygonen Zellen, die zwischen sich Intercellulargänge (Spaltöffnungen) haben, welche sich in die darunter liegenden Lufthöhlen öffnen. Die obere Blattfläche ist noch mit Büscheln von Haaren aus rosenkranzförmig angeordneten Zellen besetzt; mit etwas verschiedenen Haaren aus cylindrischen, fadenförmig angeordneten Zellen, deren letzte zugespitzt und mit einem dunkeln Inhalt versehen ist, sind die untere Blattfläche, Stengel und Wurzelfasern bedeckt. Die Blattscheibe von *Marsilea* besteht (nach *Bischoff*) aus Parenchym mit gabelig verästelten Gefässbündeln durchzogen und auf beiden Seiten (?) von einer mit Spaltöffnungen versehenen Oberhaut, deren seitliche Zellenwände geschlängelt sind, bedeckt. Die lederartige Fruchthaut der *Marsilea* und *Pilularia* besteht aus drei bis fünf Lagen senkrecht auf die Fläche gestreckter, verschiedenfarbiger, ungleich weiter und zugleich dickwandiger Zellen, inwendig bei *Pilularia* zunächst mit einem kleinzelligen, an den Stellen zwischen Frucht und Scheidewand Lufthöhlen bildenden bräunlichen Parenchym, demnächst und bei *Marsilea* ausschliesslich mit einer Schicht gelatinöser Zellen ausgekleidet, welche auch bei *Marsilea* ausschliesslich die Querscheidewände bildet, während bei *Pilularia* noch eine doppelte Lage jenes braunen, kleinzelligen Parenchyms dieselben durchzieht. Auch die Längsscheidewand bei *Marsilea* besteht aus gelatinösem Parenchym. An ihrem obern freien Rande verläuft von der Basis der Frucht aus ein Gefässbündel, welches so viel Hauptäste, als Querscheidewände anstossen, herabschickt, welche Hauptäste sich etwa von der Mitte an gabelig spalten und dann ganz unten vielfach anastomosiren. Von den winzig kleinen Zellen der lederartigen Knospenhülle bei *Pilularia* sind die äussern in der obern dem Knospenkern näheren Hälfte liegenden Zellen etwas länger gestreckt, so dass sie eine Wulst um die Saamenknospe bilden. Bei *Marsilea* sind die äusseren Zellen senkrecht auf die Fläche gestreckt, gelb und gehen unmittelbar in das einfache Integument über.

Besonders bleibt hier noch die Entwickelungsgeschichte der verschiedenen gelatinösen Zellgewebsmassen zu wünschen übrig, die so eigenthümlich in vieler Beziehung erscheinen. Der zellige Strang, der bei *Marsilea* in der zwei bis drei Linien langen Frucht liegt und Säckchen trägt, dehnt sich nach dem Aufspringen der Frucht durch eingesogene Feuchtigkeit zu der enormen Grösse eines runden, ein bis zwei Linien dicken, und vier bis fünf Zoll langen Fadens aus, das Volumen der ganzen Frucht 20—30 Mal übertreffend. Auch die Schicht gallertartiger Zellen, welche bei

Marsilea und *Pilularia* die Saamenknospen umhüllen, ist eigenthümlich und verändert sich während der Entwickelung durch die Einwirkung des aufgenommenen Wassers fortwährend. Manche Einzelheiten finden sich noch bei *Bischoff**.

---

b. *Plantae thalamicae.*

§. 118.

Dreierlei ist es besonders, was die Phanerogamen von den ihnen in den wesentlichsten Verhältnissen so nahe stehenden Rhizocarpeen trennt. Erstens die Entwickelungsgeschichte der jungen Pflanze, indem die Saamenknospe mit der Mutterpflanze noch in lebendiger Verbindung den Pollenschlauch aufnimmt, dessen entwickelungsfähiges Ende sich hier zu einer Pflanzenanlage, dem Embryo, gestaltet, welcher sich dann in einem Zustande der gehemmten Fortentwickelung mit der Saamenknospe (jetzt Saame genannt) von der Mutterpflanze trennt, um erst nach einiger Zeit die Hüllen abzustreifen und sich zur vollkommenen Pflanze zu entwickeln (zu keimen). Zweitens dadurch, dass die physiologische Verschiedenheit der beiden Organe, Saamenknospe und Anthere, hier auch an den morphologischen Gegensatz von Stengel und Blatt gebunden wird. Drittens, dass die Fortpflanzungsorgane wieder (wie bei Moosen und Lebermoosen, nur in bestimmterer Abgrenzung) von einer Anzahl eigenthümlich modificirter Blätter, der Blüthe (*flos*) umgeben werden.

Ueberblicken wir nach Anleitung des bis jetzt Mitgetheilten noch einmal die ganze Stufenleiter, an welcher sich die Natur bis zu den Phanerogamen emporarbeitet, so zeigt sich uns, wenn wir alle unbegründeten Träumereien und Phantasiespiele als unwissenschaftlich entfernen und uns einfach an das Ergebniss unbefangener Anschauung halten, Folgendes:

1. Die Zelle ist die einfache Grundlage; sie ist ganze Pflanze, organenlos und alle physiologischen Thätigkeiten in sich vereinigend. *a.* Allmälig sehen wir als Theile von ihr, oder demnächst beim Zusammentreten mehrerer Zellen, aber noch unter völlig schwankenden Umrissen, als einzelne ganze Zellen Organe (Sporangien) auftreten, die vorzugsweise die Bildung entwickelungsfähiger Zellen, der Sporen, übernehmen. *b.* Noch bleiben die Formen der zur Pflanze zusammentretenden Zellen unbestimmt, es treten aber mehrere jener Sporangien in bestimmten Formen als Sporenfrucht zusammen, und endlich *c.* bei den Flechten wird die Spore als selbstständiges Organ durch den hinzukommenden eigenthümlichen Ueberzug vollendet. (Die Charen stehen hier noch unerklärt).

2. Die Natur schreitet fort, indem sie die Zelle zu bestimmt festzuhaltenden Grundformen, und zwar zu Stengel und Blatt zusammentreten lässt, daneben behält sie die Sporenfrucht bei, die sie in höchster Complication entwickelt, und versucht noch die Bildung eines neuen Organs wesentlich aus einer grossen in einen zelligen eiförmigen Körper eingeschlossenen Zelle bestehend, ohne diesem zur Zeit noch eine bestimmte Function beizulegen. Weder dieses noch die Sporenfrucht stehen aber in einer bestimmten Beziehung auf Stengel und Blatt (doch ist hier noch eine bedeutende Lücke in der Beobachtung). Endlich werden noch die Sporenfrucht und jedes andere Organ von stufenweis modificirten bestimmten Blättern umgeben, Blüthe. (Moose und Lebermoose.)

---

* Kryptogamische Gewächse S. 72 ff.

3. Durch Lycopodiaceen, Farnkräuter und Equisetaceen wird die Sporenfrucht immer bestimmter an das Blatt geknüpft, und das Sporophyll immer schärfer zu einer eigenthümlichen Modification (der phanerogamen Anthere) fortgebildet. Bei der höchsten Vollendung, bei den Equisetaceen, scheint der physiologische Gegensatz von Blatt und Stengel, der sich bei Lycopodiaceen und Farnkräutern vollständig entwickelt hatte, wieder zurückzutreten. Bei Equisetaceen und Lycopodiaceen lässt die Natur das zweite bei den Moosen erwähnte Organ, wie es scheint, vorläufig wieder fallen; jedoch ist hier noch eine bedeutende Lücke in der Beobachtung.

4. Dies nimmt sie aber bei den Rhizocarpeen wieder auf, knüpft eine bestimmte physiologische Function daran; es wird zur Saamenknospe und die Sporenfrucht zur Anthere; Blatt und Stengel als morphologisch und physiologisch verschiedene Organe bleiben, aber ohne dass jene beiden der Fortpflanzung dienenden Organe bestimmt an sie vertheilt wären (abermals grosse Lücke in der Beobachtung).

5. Bei den Phanerogamen endlich nimmt die Natur alle einzelnen nach und nach entstandenen und allmälig ausgebildeten Elemente wieder auf und vereinigt sie zur vollendeten Pflanze. Blatt und Stengel, morphologisch und im Allgemeinen auch physiologisch gesondert, bilden die ganze Pflanze. Der Stengel entwickelt sich an bestimmter Stelle zur vollendeten Saamenknospe mit bestimmter Function, ebenso das Blatt zur vollendeten Anthere, beide werden von bestimmt modificirten Blättern umgeben als vollendeter Blüthe. Nun bleibt aber unter beständiger Beibehaltung des Wesentlichen ein weiter Spielraum für reiche Formenentwickelung dieser einzelnen Theile, wobei selbst einzelne frühere Stufen bei einzelnen Organen hin und wieder noch einmal auftreten, z. B. der blattlose Stengel flach bei *Lemna*, massig bei *Melocactus*, das Sporophyll des Farnkrautes bei Cycadeen, vielleicht selbst die Entwickelung der Anthere aus einem Stengelorgan (?) bei *Caulinia fragilis*, die Equisetenstengel mit Blattfunction bei *Casuarina*, *Ephedra*, *Cacteae* u. s. w.*.

Ich habe hier nur die Hauptmomente festgehalten, um den Ueberblick nicht zu erschweren, es liesse sich aber noch manches Andere auf gleiche Weise durchführen. Bei den Moosen z. B. entsteht der Stengel, als nach einer Richtung morphologisch abgeschlossenes Organ, bei den Farnkräutern u. s. w. wird er nach zwei Richtungen, als Stengel *sensu stricto* und Wurzel morphologisch begrenzt, bei beiden noch ohne Beziehung auf die beiden Enden des Sporenschlauchs. Diese Beziehung tritt erst bei den Rhizocarpeen auf und wird bei den Phanerogamen so vollendet, dass ohne Ausnahme aus dem eindringenden geschlossenen Ende des Pollenschlauchs der Stengel, aus dem entgegengesetzten die Wurzel wird.

Uebrigens überlasse ich die specielle Begründung des im Paragraphen Gesagten dem Folgenden, und bemerke nur noch einmal, dass alles von Stengel und Blatt Vorkommende, soweit es das schon früher Erwähnte erlaubt, auch für die übrigen Gymnosporen gilt.

---

* Ich bitte hier ausdrücklich, mich nicht der Narrheit zu bezüchtigen, als glaubte ich mit Gesagtem einen absonderlich tiefen Blick in die geheime Werkstatt der Natur gethan zu haben, um durch solche prätendirte Weisheit, wie das wohl in unsern Tagen geschehen, ein angebliches System zu begründen, welches die Entdeckungen vielleicht schon des nächsten Tages wieder über den Haufen werfen. Ich habe hier nur, wie wir so oft in unserer menschlichen Beschränktheit an solche Hülfsmittel gewiesen sind, durch eine bildliche Veranschaulichung den Ueberblick über die ganze Formenreihe erleichtern wollen. Es für etwas mehr zu halten, dagegen schützt mich die gesunde Klarheit, die ich der Philosophie meines Lehrers *Fries* verdanke, aus dessen Logik ich eben soviel Botanik gelernt habe, als aus allen botanischen Schriften zusammengenommen.

X., XI. und XII. Gymnospermen, Angiospermen (*Monocotyledonen und Dicotyledonen*).

§. 119.

Eine wesentliche Abtheilung unter den Geschlechtspflanzen mit bestimmtem Vereinigungsort der Geschlechter wird dadurch gebildet, dass bei einigen Gruppen die Saamenknospen und folglich auch die Saamen sich frei und nackt an der Pflanze entwickeln, bei anderen dagegen im Innern einer von Blatt- oder Stengelorganen gebildeten Höhlung, dem Fruchtknoten (*germen*). Bei letzteren sind daher auch die Saamen in der Frucht eingeschlossen. Demnach unterscheidet man die Nacktsaamigen (*Gymnospermae*) von den Verhülltsaamigen (*Angiospermae*). In der Entwickelung des Pollenschlauchs zum Embryo tritt bei den Angiospermen eine wesentliche Verschiedenheit ein, je nachdem sich nur ein erstes Blatt (*cotyledon*) aus dem ganzen Umfange der Stengelanlage hervorbildet, oder zwei und mehrere erste Blätter, die sich auf gleicher Höhe in den Stengelumfang theilen, gebildet werden. Hierauf beruht der Unterschied der Monocotyledonen und Dicotyledonen. Da indess die Verschiedenheit dieser Gruppen bis jetzt noch sich bei zu wenig Theilen festhalten lässt, so ist's, um Wiederholungen zu vermeiden, besser, sie zusammen als Phanerogamen nach ihren einzelnen Organen abzuhandeln.

Die Stufenleiter, welche sich in den früheren Pflanzengruppen erkennen liess, setzt sich auch bei den Geschlechtspflanzen fort. Die eigenthümliche Mittelstufe der Rhizocarpeen ist schon früher erwähnt. Hier finden wir den Fortschritt von Gymnospermen zu Angiospermen. Die einfachere Bildung zeigen offenbar die Ersteren mit ihren nackten Saamenknospen und Saamen. Hierzu tritt dann als eine neue Verwickelung des Baues das nach Aussen geöffnete hohle Organ, in welchem sich die Saamenknospen entwickeln. Da dieses Organ, dem bald Blatt- bald Stengelgebilde zu Grunde liegen, sich später mit der Ausbildung des Saamens zu demjenigen Pflanzentheil entwickelt, den man als Frucht zu bezeichnen pflegt, so ist die passendste Benennung das alte Wort Fruchtknoten (= Fruchtknospe). Dies ist indess nicht der einzige Unterschied zwischen beiden Gruppen; in Bezug auf die Blüthe kommt noch der gänzliche Mangel der Blüthendecken, d. h. eigenthümlicher Blattkreise, welche die Fortpflanzungsorgane umgeben, für die Gymnosporen hinzu. Auch sind sie meist durch ein homogenes Holz und durch einfache lederartige Blätter charakterisirt. Bei den Cycadeen erinnert Manches an die Farnkräuter, bei den Coniferen Manches noch an die Equisetaceen. Die Loranthaceen gehören jedenfalls auch hierher; für die Gnetaceen bin ich aus Mangel an genauer Kenntniss dieser Familie nicht im Stande ein Urtheil zu fällen. Die Angiospermen zerfallen dann wieder in die Monocotyledonen und Dicotyledonen, erstere mit geschlossenen, letztere mit ungeschlossenen Gefässbündeln. Diese beiden scheinen aber nicht als niedere und höhere Entwickelungsstufe, sondern mehr wie zwei parallele Reihen sich zu verhalten, die beide mit blumenlosen Pflanzen beginnen und durch die Blumentragenden bis zu den Zusammengesetztblüthigen sich entwickeln. Letztere, bei den Monocotyledonen die Gräser, bei den Dicotyledonen die Compositen, bilden die höchste Entwickelungsstufe der Pflanzenwelt und sind die Charakterpflanzen unserer gegenwärtigen Erdflora, indem beide nicht nur durch ihre Artenzahl (zusammen $\frac{1}{7}$ aller Arten), sondern auch durch ihre Individuenzahl auffallend vorherrschen.

§. 120.

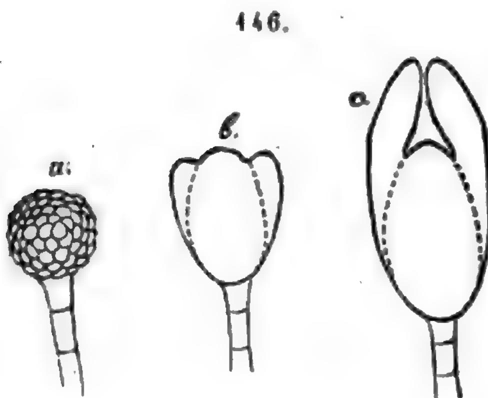
Jeder phanerogame Embryo erreicht bei seiner Bildung, wie allgemein zugegeben wird, eine Stufe, wo er als ein rundes oder eiförmiges ganz gleichförmig aus

Zellen zusammengesetztes Körperchen in der Höhle der Saamenknospe erscheint, an welchem weder Organ- noch Structurverschiedenheiten zu unterscheiden sind. Von diesem Zustande als einer völlig gesicherten Grundlage auszugehen, genügt, aber bis so weit muss man auch zurückgehen, um den ausgebildeten Embryo und die ganze Pflanze zu verstehen. Dieses Körperchen bildet alle Zellen, wodurch es wächst und sich entwickelt, innerhalb seiner eigenen Begrenzung; es kommen keine organischen Theile von Aussen hinzu; es ist also die ganze Pflanze in einfachster Anlage. Die Mitte hört zuerst auf, neue Zellen zu bilden, unten (wo der Pollenschlauch in die Saamenknospe eingedrungen) und oben (dem vorigen gegenüber) geht der Zellenbildungsprocess und damit die Entwickelung, aber in verschiedener Weise und natürlich entgegengesetzter Richtung fort. Unten (Wurzelende) verlängert sich das Embryo in ein mehr oder weniger konisches Spitzchen, das Würzelchen (*radicula*). Oben (Stengelende) zeigen sich die zwei wesentlich verschiedenen Bildungsvorgänge, deren schon oben (§. 94) erwähnt ist, deren Producte wir Grundorgane der Pflanze nennen, nämlich *a.* Stengel (*caulis sens. str.*) das Product der ersten, ursprünglichen nach einer Richtung unbegrenzt fortwirkenden, bildenden Thätigkeit; *b.* Blatt (*folium*) das Product der zweiten, abhängigen, in ihrer eigenthümlichen Weise sich selbst begrenzenden Thätigkeit. Das erste Blatt oder die ersten Blätter nennt man auch Keimblätter (*cotyledones*). Beziehen wir die Bezeichnung auf eine vom Wurzelende nach dem Stengelende durch die Mitte des Embryo gezogene Linie*, die dann zugleich die Richtung für die Fortentwickelung des Würzelchens und des Stengels angiebt, so heisst der Stengel auch Pflanzenaxe oder Axenbildung (*axis*), die Blätter seitliche Organe (*partes laterales*, *appendiculares*). Gewöhnlich bilden sich am Embryo ausser den Cotyledonen noch einige folgende Blätter, die man dann mit der sie tragenden Stengelanlage das Blattfederchen (*plumula*) nennt. Dann tritt eine Pause in der bildenden Thätigkeit ein, der Embryo ist fertig, der Saame (die ihn umgebende Saamenknospe) ist reif.

An allen gewöhnlich vorkommenden Pflanzen treten uns Wurzel, Stengel und Blatt so bestimmt anschaulich entgegen, dass ihre Unterscheidung in der Sprache viel älter ist, als jede Spur einer wissenschaftlichen Betrachtungsweise der Pflanzen. Gleichwohl hat nichts mehr die Wissenschaft verwirrt, ihr für lange Zeit alle sichere Grundlage genommen, als gerade diese drei Organe, und zwar aus dem Grunde, weil man sich begnügte, dieselben aus dem gemeinen Leben anschaulich aufgefasst mit in die Wissenschaft hinüberzunehmen, und versäumte, das trübe nach der Anschauungsweise jedes Individuums verschiedene und deshalb völlig unmittheilbare Schema der productiven Einbildungskraft in einen deutlichen, bestimmt aus seinen Merkmalen zusammengesetzten und so allgemein mittheilbaren Begriff umzuwandeln. *De Candolle* beginnt: *les feuilles sont, comme chacun sait, les expansions ordinairement planes etc.* Wozu dann eine Wissenschaft, wenn sie es zu nichts Weiterm bringt, als was Jeder ohnehin weiss? Mit den meisten Botanikern kann man gar nicht streiten, ob etwas Blatt oder nicht sei, weil sie gar nicht versuchen anzugeben, worin das Charakteristische desselben bestehen solle, z. B. *Agardh*, *De Candolle*, *Link* u. A. Die allermeisten werfen so irgend ein Merkmal hin, was die alleroberflächlichste Kenntniss sogleich als ungenügend erweist: z. B. die flache Ausbreitung, die Knospe in der Achsel, die Athmungsfunction oder dergl. mehr. Mit Angabe dessen, was Blätter »*ordinairement*« sind, ist gar nichts gethan, in der Wissenschaft ist gerade festzustellen, was sie nothwendig und immer sind. Für den Stengel, im Gegensatz zu Blatt

* Die immerhin durch äussere Einflüsse veranlasst auch eine gebogene sein kann.

und Wurzel, haben die Meisten ebenfalls gar keine Bestimmung, oder so einen hingeworfenen Brocken, den man bei mässiger Pflanzenkenntniss sogleich verwerfen muss, z. B. Stengel ist der nach oben strebende Theil, die Axe der Pflanze (*Kunth*); was ist denn das horizontal fortstrebende Spargelrhizom, was der Blüthenstengel von *Arachis hypogaea*, ja was selbst der Zweig der Traueresche? (Aehnlich bei *Lindley*, *Link* u. A.) *Agardh* definirt gar: Stamm ist derjenige Theil der Gewächse, von welchem die Blätter auszugehen s c h e i n e n und welcher in die Höhe zu wachsen s c h e i n t. Dass man keine wissenschaftliche Definition auf das S c h e i n e n bauen kann, versteht sich für Jeden, der nicht auf jede gesunde Logik verzichtet hat, von selbst; aber was ist denn ein *Melocactus*-Stamm, von dem Blätter weder ausgehen noch auszugehen scheinen? Doch genug dieser Beispiele. Es ist so viel klar, dass wir in der Wissenschaft bestimmter, unveränderlicher Merkmale bedürfen, um die Begriffe auseinander zu halten, die wir als wirklich verschiedene trennen wollen, und auf der andern Seite so allgemeiner Merkmale, dass kein Glied aus der Sphäre des Begriffs ausgeschlossen wird, welches hineingehört. Durch genaue und umfassende Untersuchungen in der Natur werden wir auf jene entschiedenen Gegensätze von Würzelchen und Stengel, von Stengel und Blatt geführt. Diese Gegensätze sind wirklich in der Natur gegeben; ob es zweckmässig war, die gewählten Worte an sie zu knüpfen, ist eine andere Frage. Jene Gegensätze als erste und ursprüngliche der Entwickelung verdienen aber vor allen andern eine Bezeichnung, und Jeder weiss auf diese Weise bestimmt, woran er sich zu halten hat, wenn von Blatt, Stengel, Würzelchen u. s. w. die Rede ist; und das ist's gerade, worauf alle Möglichkeit wissenschaftlicher Mittheilung und Fortbildung beruht. Die mitgetheilte Bildungsgeschichte des Embryo, die man übrigens der Hauptsache nach schon lange kennt, ja die eigentlich schon bei *Malpighi** zu finden ist, widerlegt hinlänglich alle ohnehin rein aus der Luft gegriffenen Fictionen über den Ursprung der Axe aus verwachsenen Blattstielen. Die Natur zeigt zuerst ein ungetheiltes Körperchen (146 *a*), welches sich unmittelbar nach Oben verlängernd Axe, nach Unten Würzelchen wird. Erst aus dieser vor den Blättern vorhandenen Axe treten Formen hervor, die wir Blätter genannt haben (146 *b*. *c*), und es heisst jene Fiction geradezu nichts Anderes, als ein existirendes Ding aus dem Zusammenwachsen zweier nicht existirender Dinger entstehen zu lassen. Ja damit jede Möglichkeit zu solchen Spielereien abgeschnitten würde, hatte die Natur selbst den Embryo von *Cuscuta* gebildet, an welchem sich, obwohl er sehr lang wird, im Embryoleben gewöhnlich gar keine und nach dem Keimen erst sehr spät kleine schuppenförmige Blätter bilden.



Die verschiedenen Abweichungen in der Form des Embryo und seiner Theile sollen übrigens später beim Saamen abgehandelt werden. Hier kam es nur darauf an, von der Entwickelungsgeschichte soviel vorweg zu nehmen, als zum Verständniss und zur Begründung des Folgenden nothwendig erschien. In dem Ablauf der organischen Entwickelungen bleibt es ohnehin immer misslich hineinzugreifen und den Anfang zu

146. *Hypochaeris radicata*. Embryoentwickelung, *a* jüngster Zustand. Der Embryo, befestigt auf dem aus 3 Zellen bestehenden Träger, ist ein kleines aus Zellen gebildetes Kügelchen. *b* Etwas ältere Keimpflanze, die punktirte Linie deutet den ursprünglichen Körper an, aus welchem sich nach oben zu beiden Seiten der frei bleibenden Spitze (Terminalknospe) die beiden ersten Blätter (Cotyledonen) erheben. *c* Ebenso aber in noch späterem Zustande.

* *Anatome plant., de seminum generatione, Taf.* 40, *Fig.* 242 *in pisorum semine.*

bestimmen; soll man mit dem Ei anfangen, weil daraus die Henne entsteht, oder mit der Henne, weil sie das Ei legt? Es wird grosse Umsicht nöthig, um den einfachsten Eingang zu gewinnen, und Wiederholungen sind unvermeidlich, weil man der Vollständigkeit wegen den Kreis der Entwickelungen wieder in sich zusammenlaufen lassen muss.

Es könnte hier noch die Frage aufgeworfen werden, inwiefern die für die Blattbildung bei den Moosen gefundenen Gesetze auch für die Geschlechtspflanzen gültig sind. Die Analogie spricht allerdings für die Gleichheit, die oberflächlich aufzufassenden Erscheinungen lassen uns auf dasselbe Bildungsgesetz schliessen, aber die Verfolgung des Bildungsganges im Einzelnen ist bei den Geschlechtspflanzen so überaus schwierig, dass man hier fast mehr errathen muss als wirklich beobachten kann. Vor Allem muss man hier die Entwickelung des einfachen Blattes von der Ausbildung des einfachen Blattes zum zusammengesetzten oder hand- und fiederförmig gelappten Blattes unterscheiden.

Dass beim einfachen Blatte das von mir früher für die Blätter im Allgemeinen aufgestellte Gesetz seine volle Gültigkeit behält, dass sich auch das Blatt der Geschlechtspflanzen im Wesentlichen von der Spitze nach dem Grunde zu bildet, ist freilich sehr leicht zu erweisen und ist mein Freund *Nägeli** gerade mit diesem Punkt etwas gar zu leicht fertig geworden, um zum entgegengesetzten Resultat zu gelangen.

1. Ohne alle Frage entsteht das Blatt früher als die Nebenblattbildungen; da Nebenblätter nun niemals an der Spitze des Blattes, sondern nur an seinem Grunde vorkommen, so muss sich auch das Blatt von der Spitze nach dem Grunde zu gebildet haben.

2. Ferner entsteht jedes stengelumfassende (*amplexicaule*) nicht gleichzeitig im ganzen Umfange des Stengels, sondern es tritt die Spitze zuerst allein einseitig hervor und erst allmälig wie das Blatt sich mehr und mehr aus dem Stengel gleichsam hervorschiebt, tritt auch ein immer grösserer Theil des Umfangs mit zur Blattbildung hinzu. Dieser Fall zeigt zugleich, dass das von *Nägeli* aufgestellte Gesetz, jedes Blatt entstehe nur aus einer einzigen Stengelzelle, wenigstens in dieser Allgemeinheit falsch ist, denn eine stengelumfassende Zelle ist ein Unding und ohne eine solche wäre nach dem *Nägeli*'schen Gesetz kein stengelumfassendes Blatt möglich, welches doch in der That vorkommt.

3. Alle verwachsenen Blätter, z. B. die fünf Blumenblätter einer *Campanula* entstehen als völlig freie, isolirte Blattspitzen, erst später tritt unter ihnen der verwachsene Theil hervor. Das ist überall nur dann möglich, wenn die Spitze des Blattes zuerst entsteht und erst später der Grund. Im entgegengesetzten Falle wären Verwachsungen am Grunde mit freien Spitzen gar nicht denkbar, denn alle ausgebildete Zellen verwachsen nicht mehr, sondern nur Zellen in *statu nascendi*.

4. Eine der Pflanzen, welche sich leicht untersuchen lässt, ist *Hippuris vulgaris*. Hier ist es gar nicht möglich an die Entstehung des Blattes aus einer einzigen Stengelzelle zu denken und es erheben sich ganz entschieden mehrere Zellen sowohl horizontal als vertical neben einander gleichzeitig über die Fläche des Stengels um ein Blatt zu bilden. Auch besteht der kleine zarte Markkegel kaum noch aus 50 Zellen wenn schon sich die Oberhaut ganz deutlich und scharf gezeichnet sowohl rings umher als auch namentlich die Spitze überziehend vom übrigen Gewebe absondert, so dass von da an ein Spitzenwachsthum wie es beim Stengel Statt findet gar nicht mehr möglich ist.

5. Bei hand- oder fingerförmig getheilten oder zusammengesetzten Blättern bilden sich stets zuerst die Lappen oder Blättchen als ein sitzendes Blatt aus und erst später entwickelt sich der Blattstiel, z. B. bei *Baptisia exaltata*.

6. Bei fiederförmig getheilten oder zusammengesetzten Blättern, z. B. bei *Cassia*

---

* *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Heft 3 und 4, S. 160ff.

marylandica ist zwischen dem letzten Blatte, welches noch keine Spur von Seitentheilen hat und dem nächstfolgenden, an welchem die Bildung derselben beginnt, oft kaum ein Grösseunterschied wahrzunehmen. Das letztere aber zeigt dann schon die Anlage sämmtlicher Blättchen an beiden Rändern des Blattes, hier aber dann allerdings so, dass die untern weiter entwickelt erscheinen, die obern weniger. Keineswegs aber entstehen die Fiederblättchen je einzeln oder paarweise unterhalb der Spitze des hier fortwachsenden Blattes in der Weise, wie die Blätter selbst unter der Spitze des fortwachsenden Stengels entstehen.

Aus Allem diesen ergiebt sich, dass das bei den Moosen gefundene Gesetz der Blattbildung auch für die Geschlechtspflanzen (*plantae gamicae*) seine Geltung behält.

Es giebt also für alle Gymnosporen zwei durch ihre Entwickelungsgeschichte sich entgegengesetzte Grundorgane, den Stengel, der an der Spitze ins Unendliche fortwächst und das Blatt, welches von der Spitze nach dem Grunde sich bildend eben dadurch eine beschränkte und abgeschlossene Entwickelung hat.

§. 121.

Nach kürzerer oder längerer Zeit der Ruhe beginnt die Entwickelung des Embryo zur Pflanze (das Keimen), wobei er die Hülle des ihn umgebenden Saamens abstreift. Derselbe Process, der die Ausbildung des Embryo bewirkte, setzt sich nun wieder fort; das Würzelchen verlängert sich zur Wurzel, verästelt sich und die Axe verlängert sich auf die angegebene Weise und schiebt fortwährend ebenso Blätter hervor. So entsteht die einfache phanerogame Pflanze. Die Axen und Blätter nehmen aber nach und nach durch verschiedene Formen und Stellungsverhältnisse eine verschiedene morphologische Bedeutung an, bis ihre Entwickelungsfähigkeit durch Bildung eines neuen Individuums erschöpft ist und aufhört. Aus der Axe entwickeln sich häufig auf eine von der Fortbildung des Würzelchens sehr verschiedene Weise Organe, die man wegen vieler wesentlicher Uebereinstimmungen mit der ächten Wurzel Nebenwurzeln (*rad. adventitiae*) nennt. Es bleibt aber selten oder nie bei der einfachen Pflanze, sondern in den Winkeln, welche Blätter und oberer Stengeltheil machen, den Blattachseln, entstehen neue Zellenbildungsprocesse, die die Embryobildung aber ohne Wurzelende wiederholend Axen- und Blattanlagen bilden, welche man zusammen Achselknospen nennt. Auch an der Axe entstehen unter gewissen Bedingungen solche neue Individuen, zerstreute Knospen, endlich endet jede Axe, sie mag die der einfachen Pflanze oder eine aus einer Knospe hervorgegangene sein, natürlich mit einer Axenanlage und einer Anzahl mehr oder weniger noch unentwickelter Blätter, die man zusammen Endknospe nennt. So erhalten wir folgende Uebersicht der Pflanzentheile, die einzeln näher zu betrachten sind:

A. Wurzelorgane.

1. Das Würzelchen und seine Entwickelung. 2. Die Nebenwurzeln.

B. Axenorgane.

1. Die Axe und ihre Entwickelung. 2. Der Blüthenboden, die Scheibe. 3. Der Saamenträger. 4. Die Saamenknospe. 5. Der Saame.

C. Blattorgane.

1. Das Laubblatt. 2. Die Blumendecken. 3. Der Staubfaden. 4. Das Fruchtblatt. 5. Die Frucht.

D. Knospenorgane.

1. Die Knospen. 2. Die horizontale Axe. 3. Der Blüthenstand. 4. Der Fruchtstand.

E. Das neue Individuum, der Embryo.

Der Bequemlichkeit wegen werde ich aber im Folgenden die Ordnung etwas ändern. Es genügt, auf die aus der Natur der Pflanze hervorgehende systematische Anordnung hier übersichtlich aufmerksam gemacht zu haben.

Ich weiss recht wohl, dass es zweckmässiger ist, Wiederholungen vermeiden lässt, und die Anschaulichkeit erleichtert, wenn man die Pflanze, wenigstens im Wesentlichen, nach dem hergebrachten Schema: Wurzel, Stengel, Blatt, Blüthe und Frucht, abhandelt; aber es bleibt ein bedeutender Fehler aller unserer Handbücher, dass sie die complicirten Organe wie Blüthe und Frucht, die abgeleiteten wie Rhizom, Blüthenstand u. s. w. entweder gar nicht auf die Grundorgane zurückführen, oder bei jedem einzelnen so nebenbei erwähnen, was es etwa nach seiner Natur sein möge: dadurch wird jeder klare Ueberblick der ganzen Pflanze dem Schüler unmöglich gemacht. Eine richtige Einsicht in die Natur der phanerogamen Pflanze kann aber nur allein gewonnen werden, wenn die Zurückführung aller Pflanzentheile auf die beiden einzigen Grundorgane der Axe und der Seitentheile an die Spitze der ganzen Betrachtung gestellt ist, so dass die Beziehung darauf schon zur Behandlung jedes einzelnen Theils mit hinzugebracht wird.

Uebrigens sind die unterschiedenen Theile vielleicht zum Theil mit Unrecht gesondert, zum Theil nicht vollständig alle wesentlichen Verschiedenheiten auseinander haltend, wie dafür in der spätern Ausführung Andeutungen genug vorkommen werden; ich hielt mich aber weder befugt und zur Zeit schon befähigt, eine consequente naturgemässe Eintheilung durchzuführen, und dann auch die dazu nothwendig werdende völlig neue Terminologie vorzuschlagen, noch glaubte ich, dass bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft dadurch schon eine wesentliche Verbesserung bewirkt werden könne, da noch so Vieles und Bedeutendes unerledigt bleibt und daher statt einer gänzlichen Umgestaltung doch nur ein Flickwerk herauskommen würde. Wo ich glaube, dass Verbesserungen nothwendig sind, werde ich es beim Einzelnen anmerken.

A. Wurzelorgane.

a. *Aechte Wurzel* (*radix*).

§. 122.

Beim Keimen beginnt im Würzelchen des Embryo meistentheils von Neuem ein Zellenbildungsprocess in der Weise, dass die äusserste Zellenschicht der äussersten Spitze hinfort unverändert bleibt, dagegen unmittelbar darunter der Entwickelungsprocess beginnt, und von den neu entstandenen Zellen fortwährend ein Theil, fernerhin keine Zellen neu bildend, sich nach der Basis des Würzelchens anlagert, ein anderer Theil aber unmittelbar unter der Spitze den Entwickelungsprocess fortsetzt, so dass Basis und äusserste Spitze die ältesten Zellen enthalten, die Spitze vorgeschoben wird und unmittelbar unter ihr stets die jüngsten und deshalb zartesten Zellen sich befinden; so bildet sich das Würzelchen des Embryo zur Wurzel der Pflanze aus.

Auf die früher geschilderte Weise bilden sich an der Wurzel Epiblema und Gefässbündel, letztere stehen stets auf dem Querschnitt betrachtet in einem ge-

schlossenen Kreise. Bei Monocotyledonen sind es geschlossene, bei Dicotyledonen ungeschlossene Gefässbündel. Sie schliessen ein geringes Mark ein. In der Rinde bilden sich zuweilen Bastbündel, Milchsaftbehälter und Milchsaftgefässe.

Morphologisch wesentlich ist nur der Unterschied zwischen Hauptwurzel, als unmittelbarer Verlängerung des Würzelchens, und Wurzelast, der erst daraus hervorgegangen; physiologisch dagegen, wie später zu erörtern, ist es nothwendig, die einfachen letzten noch fortwachsenden Enden von allen übrigen Theilen des Wurzelsystems zu unterscheiden.

Dass jede Wurzel ein deutliches, wenn auch geringes Mark, d. h. von einem Gefässbündelkreis eingeschlossenes Parenchym habe, beweist jeder Querschnitt und Längsschnitt, den man unters Mikroskop bringt.

---

b. *Nebenwurzel* (*radix adventitia*).

§. 123.

Entweder unter begünstigenden äusseren Umständen (z. B. mässiger Feuchtigkeit, künstlich z. B. bei Stecklingen, natürlich durch das Aufliegen der schwachen Axe auf dem Boden, z. B. bei sogenannten Ausläufern) oder specifisch gesetzmässig, z. B. bei Gräsern, Pflanzen mit Luftwurzeln u. s. w. aus der Axe, ganz regelmässig aber aus der ächten Wurzel entwickeln sich auf eigenthümliche Weise Nebenwurzeln. Es entsteht in der Rinde dicht auf den Gefässbündeln eine kleine kegelförmige Gruppe bildungsfähiger Zellen, die sich von den umgebenden Zellen bis auf die Basis des Kegels völlig loslöst, und indem sie den eigenthümlichen Wachsthumsprocess der Wurzel annimmt, sich durch die Rinde hindurch einen Weg ins Freie bahnt. Dabei drückt sie gewöhnlich den vor ihr liegenden Theil des Rindenparenchyms zusammen, dieser stirbt ab, reisst los und bleibt auf der Wurzelspitze oft noch lange als eine kleine Haube kleben, z. B. bei *Equisetum*, *Pandanus** u. s. w. Hiervon wohl zu unterscheiden ist das Wurzelmützchen (*calyptra*) an den Nebenwurzeln der im Wasser wurzelnden Pflanzen, z. B. bei *Lemna***, *Pistia* u. s. w.

Bei den meisten tropischen Orchideen, bei vielen *Pothos*-Arten haben die Nebenwurzeln, sie mögen in der Luft oder in der Erde sich entwickeln, einen eigenthümlichen Ueberzug über ihrer ächten Epidermis (siehe S. 195 d, 204). Ich nenne sie mit einem besondern Ausdruck, den sie zu verdienen scheinen, verhüllte Wurzeln (*radices velatae*).

Wenn sich die Nebenwurzeln gesetzmässig bei einer Pflanzenart an den der Luft ausgesetzten Stengeltheilen erzeugen, so nennt man sie mit einem überflüssigen Kunstausdruck Luftwurzeln (*radices aëreae*).

---

* Nach *De Candolle, Organographie végétale Vol. II. Planche* 10. Ich habe sie in unsern Treibhäusern nie gesehen.

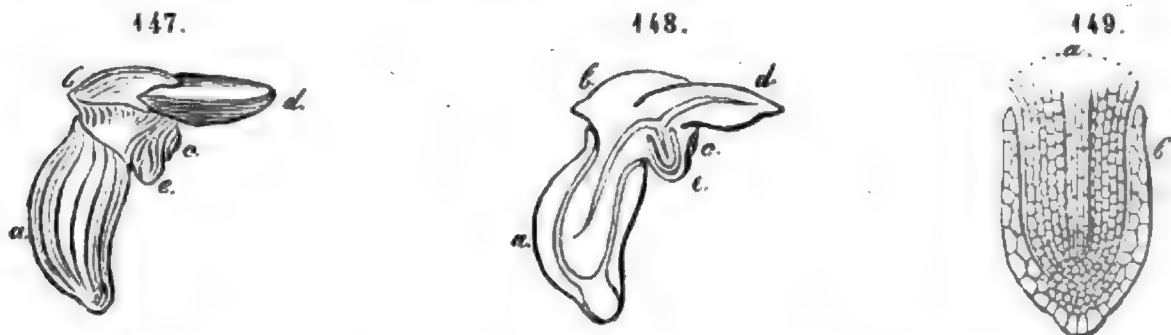
** Hier ein schlagendes Beispiel, wie völlig sinnlos zuweilen die Terminologie ist. Die von der schwimmenden *Lemna* perpendiculär ins Wasser herabhängenden Wurzeln nennt man *radices natantes*. Man könnte eben so gut von einem schwimmenden Anker sprechen, der bei 30 Faden Kabellänge den Seeboden noch nicht erreicht hat. So etwas kann dem schlichten Bauer- und Bürgerverstande nie einfallen, sondern nur einem Gelehrten, der sich durch Bücherweisheit und Stubenhockerei ganz um sein gesundes Anschauungsvermögen gebracht hat.

Jede Bewurzelung einer Axe oder einer Knospe ausser dem Embryo geschieht durch Nebenwurzeln. Die Region dicht unterhalb einer Blattbasis scheint die Wurzelbildung zu begünstigen.

Bei der Bildung der Nebenwurzeln entwickelt sich in denselben, vom Gefässbündel des Stengels ausgehend, ein Gefässbündel.

In den wenigsten Handbüchern findet man eine nur angedeutete, in keinem eine scharf und consequent durchgeführte Unterscheidung zwischen den ihrer Entwickelungsgeschichte und morphologischen Bedeutung nach so durchaus verschiedenen Wurzeln und Nebenwurzeln. Theorien über Function der Wurzel, Pflanzensysteme auf Wurzelbildung gebaut, endlose Streitigkeiten über die Ernährung, den Unterschied zwischen Monocotyledonen und Dicotyledonen u. s. w., kurz eine ganze Literatur verdankt ihre Entstehung nur der Vernachlässigung dieses wesentlichen Unterschiedes. Die bei den Monocotyledonen sich leichter darbietende Gelegenheit, die Nebenwurzeln oft ausschliesslich an einer Pflanze zu beobachten, veranlasste *Richard* zur Eintheilung der Pflanzen in *Endorhizae* (mit Wurzeln, die aus dem Innern hervorbrechen = Monocotyledonen) und *Exorhizae* (deren Wurzeln sich durch blosse Verlängerung des Würzelchens bilden = Dicotyledonen). *Dutrochet*, der an einem Dicotyledonenrhizom (Stengel) die Bildung von Nebenwurzeln beobachtete, opponirte sogleich, alle Pflanzen seien Endorhizen. Beide hatten gleich Unrecht. *De Candolle* entdeckte die Haube an den Nebenwurzeln von *Pandanus*, und gleich hatten wir eine grosse Theorie über die gar nicht existirenden Wurzelschwämmchen (*Spongiolae radicales*), worunter jene Haube, das Wurzelmützchen der Wasserpflanzen und die gewöhnlichen Wurzelspitzen zusammengeworfen wurden. Hätte man nur die Hälfte der Zeit, die ans Ausspinnen solcher unhaltbaren und unnützen Hypothesen verschwendet worden ist, auf gründliche Untersuchungen verwendet, wie ganz anders würde die Wissenschaft dastehen.

Bei den meisten Pflanzen, deren Würzelchen gar nicht zur Entwickelung kommt, z. B. bei den meisten Gräsern, bei *Lemna* u. s. w. kann man die Bildungsgeschichte der Nebenwurzeln schon vollständig am Embryo verfolgen, worüber später beim Saamen noch zu reden ist. Für die übrigen sind z. B. die Rhizome von *Phragmites communis* und *Nymphaea alba* zu empfehlen. Eine eigenthümliche Bildung, deren physiologische Bedeutung noch sehr dunkel bleibt, ist das Wurzelmützchen bei Lemnaceen (147—149), Pistiaceen und einigen andern Wasserpflanzen z. B. *Hydrocharis*



147. *Telmatophace gibba.* Keimpflänzchen. *a* Der Saame. *b* Cotyledonenmasse. *c* Das mit dem Deckelchen (*embryotega, Gaertner*) bedeckte Radicularende. *d* Aus der Querspalte des Cotyledons hervorbrechendes Knöspchen. *e* Höcker, welcher das Hervortreten einer Nebenwurzel verkündet.

148. Längsdurchschnitt der Vorigen. Am Saamen *a* unterscheidet man Saamenschale, ein dünnes Endosperm und den Cotyledon, in dessen Mitte ein Gefässbündel verläuft, welches einen Zweig in die Knospe (*d*), einen andern in die Nebenwurzel (*e*) abgiebt. An der letztern unterscheidet man das Mützchen von der Wurzel selbst.

149. Die Nebenwurzel aus Fig. 147 im Längsschnitt stärker vergrössert. *a* Die Wurzel, an

morsus ranae nach *Meyen*. Gleich bei Entstehung der Wurzel unter der Rinde (148, *e*) trennt sich bei diesen Pflanzen noch eine den ganzen kleinen Wurzelkegel bis auf die Basis umgebende Zellenschicht (149, *b*) vom Rindenparenchym völlig los, bleibt aber lebendig und mit der äussersten Wurzelspitze in einem lebendigen Zusammenhang, indem hier das Zellgewebe von Wurzelspitze und Wurzelmützchen stetig in einander übergeht. Unter natürlichen Verhältnissen bleibt dieses Wurzelmützchen während des ganzen Lebens der Wurzel; abgerissen erzeugt es sich niemals wieder und die Wurzel stirbt ab.

Bei einigen Schmarozern, z. B. bei *Cuscuta*, auch häufig bei *Hedera* schwillt die Rinde über der sich bildenden Nebenwurzel zu einer Scheibe (Saugwarze, *haustorium*) an, welche, anfänglich flach an den fremden Gegenstand sich anlegend, später durch den sich vorzugsweise ausdehnenden Rand concav wird und (ganz wie bei der Saugscheibe des Blutegels oder den Füssen der Raupe) durch einen luftleeren Raum den Schmarozer an der Unterlage befestigt. Aus dem Grunde dieser Scheibe tritt dann die Nebenwurzel hervor und dringt, wenn es angeht, in die Unterlage ein.

Ueber den anatomischen Bau der Nebenwurzeln sind noch umfassendere, vergleichende Untersuchungen anzustellen. Genaues haben wir bis jetzt allein von *Mohl** und *Mirbel*** über die Palmen.

§. 124.

Die Formenverschiedenheiten der Wurzeln und Nebenwurzeln sind sehr wenig mannichfaltig und beruhen auf ihrer Richtung, Anordnung sowohl zum Stamm als auch der Aeste unter sich, übermässige Parenchymbildung an bestimmten Stellen und Holzbildung durch die ungeschlossenen Gefässbündel bei den Dicotyledonen. Keine Wurzel ist fähig, Blätter und regelmässige Knospen hervorzubringen. Nur die verholzte Wurzel (*caudex*) und in seltnen Fällen die einjährige können Nebenknospen bilden. Bei einem grossen Theil der Monocotyledonen, namentlich bei den Gräsern und allen denen, deren Saame mit einem Deckelchen (siehe unten beim Saamen) versehen ist, selbst bei einigen Dicotyledonen, z. B. *Nelumbium*, entwickelt sich das Würzelchen beim Keimen gar nicht. Ihnen fehlt also die ächte Wurzel ganz; statt dessen bilden sie sogleich Nebenwurzeln (s. den vorhergehenden Paragraphen).

Alle Botaniker stimmen wohl darin überein, dass Alles, was sich oberhalb der Cotyledonen aus dem Blattfederchen und aus Knospen entwickelt (Blätter und die leicht zu unterscheidenden sogenannten Luftwurzeln ausgenommen) zur aufsteigenden Axe zu rechnen sei, dann aber zählte man Zwiebel, Kartoffel, Rhizom, vielköpfige Wurzel, abgebissene Wurzel u. s. w., lauter Theile, die sich oberhalb der Cotyledonen aus Knospen entwickeln, zu den Wurzeln, oder erhob ein endloses Gezänke mit lauter unerheblichen Gründen darüber, ob diese Theile Wurzeln seien oder nicht — gewiss ein recht handgreiflicher Beweis, zu welchen Verkehrtheiten die Vernachlässigung der richtigen Methode und die einseitige Betrachtung einer einzelnen aus dem Zusammenhang gerissenen Bildungsstufe führt. Die meisten jener Formen sind jetzt richtig untergebracht und nur noch wenige Botaniker halten an einem Theile des

welcher man ein centrales Gefässbündel und eine dickere Rinde unterscheidet. *b* Mützchen mit der Spitze der Wurzel durch stetiges Zellgewebe zusammenhängend, übrigens frei.

---

* *De structura Palmarum. München* 1831.

** *Nouvelles notes sur le Cambium. Paris* 1839.

alten Schlendrians fest*. Nach *Münter*** trennt sich bei einigen Tropaeolumarten namentlich *tricolorum*, *azureum et violaeflorum* die fleischig angeschwollene Spitze der Hauptwurzel am Ende der ersten Vegetationsperiode von der Pflanze und an der vernarbten Trennungsfläche bildet sich eine Nebenknospe. Es giebt nunmehr wohl keinen Pflanzentheil, von welchem man nicht wüsste, dass er Nebenknospen bilden kann.

Die Richtung der Wurzel ist sehr verschieden, oft specifisch gesetzmässig; doch gehört das meiste früher hierher Gerechnete zur Axe. In ihrem Verhältniss zur Axe (*s. str.*) ist eine Eigenheit interessant. Beim keimenden Embryo wird meistentheils bald die Basis der Wurzel zum festen Punkt im Boden, die sich verlängernde Wurzel drängt sich daher abwärts von diesem festen Punkte durch die Erde. In seltenen Fällen bei lockerer Schlammerde mit festem Untergrund wird aber im Gegentheil die Wurzelspitze sehr bald zum relativ festen Punkt, über den die sich verlängernde Wurzel allmälig die ganze Pflanze in die Höhe hebt. Man kann das zuweilen zufällig an einzelnen Sumpfpflanzen beobachten. Den Beschreibungen nach ist dies aber wahrscheinlich die in den Oertlichkeiten begründete Ursache der Eigenthümlichkeit der sogenannten Manglewälder, an den Stromufern des tropischen Afrikas und Amerikas. Die eigenthümliche Bewurzelung einiger Palmen, z. B. *Areca oleracea*, bei denen eine Anzahl fast auf gleicher Höhe aus der Basis des Stammes entspringender Nebenwurzeln diese Basis in gewisser Höhe über den Boden frei trägt und erhält, beruht auf denselben Ursachen. Hier giebt der leichte Sandboden der Basis der Wurzel nicht festen Anhalt genug, um ein rasches Eindringen der Spitze in die Erde zu gestatten, daher wenigstens ein Theil der Verlängerung nur ihre Basis und somit auch die Basis des Stammes von der Spitze entfernt, also aufwärts hebt, vielleicht bis die Schwere des Stammes selbst genügenden Widerhalt giebt. Man könnte es ein organisches Beispiel von der Relativität aller geradlinigen Bewegungen nennen.

Die Anordnung der Aeste unter sich giebt mancherlei Verschiedenheiten an die Hand, die meist auf der verschiedenartigen Stellung der Aeste zur Hauptwurzel und ihrer verschiedenen Ausbildung beruhen.

Die Uebermässige Entwickelung des Parenchyms an bestimmten Stellen bringt entweder grosse Unebenheiten der Oberfläche, im einfachsten Falle Papillenbildung, sogenannte Wurzelhaare besonders in feuchtem, lockerem Boden, oder bedeutendere Anschwellungen, oben, unten, in der Mittte oder in der ganzen Länge hervor. Durch die Holzbildung wird die Wurzel der Dicotyledonen völlig dem Stamme gleich; ich werde dort das Nöthige darüber ausführen. Man kann dann passend das aus Wurzel und Stamm zusammengesetzte Gebilde mit dem sonst völlig unnützen Ausdruck Mittelstock (*caudex*) bezeichnen.

B. Axenorgane.

a. *Von der Hauptaxe (axis primarius) oder der Axe der einfachen Pflanze (zweiter Ordnung).*

§. 125.

Die aus dem Embryo hervorgehende Axe heisst die Hauptaxe (Axe der einfachen Pflanze), die aus Knospen hervorgehenden secundäre Axen.

Der ganzen Betrachtung der Axenbildungen müssen wir die Bemerkung vor-

---

* *Link* (*Philos. botan. Ed. II. I*, 361) z. B. hat noch die *radix multiceps* und *praemorsa*, beides ächte Stengel, unter den Wurzeln. *Treviranus* (Physiol. I, 367) handelt Zwiebel und Knolle noch bei den Wurzeln ab.

** Botanische Zeitung 1845. Sp. 593.

ausschicken, dass alle nach specifischer Eigenthümlichkeit der Pflanze bestimmt entweder nur einen Sommer (eine Vegetationsperiode) leben (einjährige Axen), oder eine längere Dauer haben (perennirende Axen). Erstere nenne ich vorzugsweise Stengel (*caulis* im engeren Sinne), letztere Stamm (*truncus*). Erstere leben dann wieder nur für den Anfang der Vegetationsperiode, oder nur für das Ende, z. B. blüthentragende Stengel, oder für die ganze Vegetationsperiode.

Vom Embryozustande an entwickeln sich an der Spitze der Axe fortwährend Blätter und zwar mit geringen Unterschieden immer dicht aufeinander folgend, so dass zwischen je zwei nächsten Blättern stets nur ein sehr kurzes Axenstück (Stengelglied, *internodium*) vorhanden ist. Die dieses Internodium zusammensetzenden Zellen fahren aber häufig noch fort, eine kurze Zeit lang Zellen zu bilden, bis deren genügend angelegt sind, um durch ihre blosse Ausdehnung und fernere Entwickelung die Ausbildung des Stengelgliedes vollkommen zu machen. Bei dieser ferneren Ausbildung wird nun das Stengelglied entweder in die Länge gestreckt und dadurch je zwei nächste Blätter von einander entfernt, oder nicht, so dass die Blätter unmittelbar übereinander stehen bleiben. Dieses bedingt den allerwichtigsten morphologischen Unterschied in den Axenorganen, den zwischen Axen mit entwickelten und unentwickelten Stengelgliedern. Ausschliesslich aus entwickelten Stengelgliedern bestehende Axen kommen wohl nur bei Dicotyledonen vor. Bei allen Axen mit unentwickelten Stengelgliedern, bei allen Monocotyledonen und vielen Dicotyledonen, macht sich die Sache von der Keimung an so, dass jedes folgende Stengelglied, statt sich in die Länge zu strecken, sich scheibenförmig in die Breite ausdehnt und zwar immer jedesmal um etwas mehr als das vorhergehende, so dass dadurch allmälig eine genügend breite Basis gewonnen wird, worauf die Axe fernerhin mit entwickelten oder unentwickelten Gliedern cylindrisch in die Höhe steigt. Dabei wächst aber natürlich auch die Basis der Terminalknospe und diese wird ein längerer oder kürzerer, spitzer oder stumpfer geendeter Kegel. Dem entsprechend sind auch die unentwickelten Stengelglieder gewöhnlich hohle aufeinander gestülpte Kegel. Doch kommen sie auch als reine Scheiben, ja selbst als concave Scheiben bis zur Becherform vor.

Diese beiden Formen der Axe mit entwickelten und unentwickelten Internodien und beide nach ihrer verschiedenen Dauer können in der ganzen Länge derselben Axe öfter wechseln (noch mehr in den verschiedenen Axen der durch Knospenbildung zusammengesetzten Pflanze). Für die einzelne Pflanzenart ist diese Zusammensetzung ganz bestimmt und bedingt mit ihre Tracht (*habitus*).

Da wo das Blatt mit der Axe zusammenhängt, Knoten (*nodus*), zeigt dieselbe häufig eine eigenthümliche Anschwellung oder Zusammenziehung, oder beides, und zwar bald unter, bald über der Blattbasis, bald an beiden Stellen. Bei entwickelten Stengelgliedern ist es am häufigsten, besonders wo die Blattbasis den ganzen Umfang der Axe einnimmt, oder mehrere Blätter sich vollständig in denselben theilen. Verschiedene Structurverhältnisse entsprechen dieser äussern Erscheinung und man theilt danach die Knoten ein in vollständige Knoten, wo die Eigenthümlichkeit in der Structur quer durch den ganzen Stengel stattfindet, und unvollständige, wo sie sich auf den Grund des Blattes beschränkt.

In seltenen Fällen bildet sich an der Stelle des Knotens durch anatomische Verhältnisse eine sogenannte Gelenkbildung (*articulatio*), in der Weise, dass die Axe hier leicht mit glatten Bruchflächen abbricht, oder sogar zu bestimmter Zeit sich von selbst von der Pflanze trennt, z. B. viele Blüthen- und Fruchtstiele.

Ferner ist hier noch die schon früher gemachte Bemerkung (§. 68.) zu wiederholen, dass jeder Pflanzentheil sich nach einer, zwei oder drei Dimensionen des Raums entwickeln kann, daher neben den langen dünnen und kurzen, dicken, fast kugeligen Axen auch flache, bandförmige oder blattartige gleich möglich sind.

Endlich ist hier noch zu bemerken, dass es nur sehr wenige Pflanzen giebt, deren Axe durchweg homogen ist, sowohl der Form (wie etwa *Lemna*, die ganz aus einem unentwickelten Stengelgliede besteht), als auch der Dauer nach (die wenigen ganz einjährigen Pflanzen, die weder vergängliche Stengelglieder beim Keimen bilden, noch auch später nur kurz dauernde Blüthenstiele entwickeln, ausgenommen). Die meisten Pflanzen haben heterogene Axen, insbesondere so, dass Stengelglieder von verschiedener Form aufeinander folgen (wie fast bei jeder Pflanze), oder so, dass die Stengelglieder verschiedene Dauer haben (wie bei den vielen Pflanzen, wo die untern Stengelglieder einen Stamm bilden, während die obern Stengel bleiben).

Wenn man nicht die grössten Schwierigkeiten in die Lehre vom Stengel bringen will, muss man durchaus sehr sorgfältig das Morphologische im engern Sinne vom Anatomischen trennen*. Der blosse Zufall, möchte ich sagen, dass man gleich die ersten Palmenstämme auch inwendig kennen lernte, hat viel Nachtheil für die Wissenschaft gehabt. Ohne alle Anatomie unterscheidet sich der Stamm von *Dracaena* wesentlich von dem Stamme von *Calamus*, und zwar ganz auf dieselbe Weise, wie der Stamm von *Mamillaria* sich von dem Stamme von *Aesculus* unterscheidet. Ob und welche anatomische Verschiedenheiten (ausser dem allgemeinen Unterschiede zwischen Mono- und Dicotyledonen, der hier immer vorausgesetzt wird) mit dieser wesentlichen Formendifferenz zusammenhängen, ist später auszumachen.

Aus der Eintheilung in einjährige und perennirende, in entwickelte und unentwickelte Stengelglieder, gehen vier Formen hervor, für welche leicht die Beispiele in der Pflanzenwelt zu finden sind, z. B. lauter entwickelte Stengelglieder, einjährig *Cannabis*, perennirend *Aesculus*; lauter unentwickelte Stengelglieder, einjährig *Myosurus* (mit Ausnahme des Blüthenstiels), perennirend *Melocactus*. Ebenso würde es nicht schwer sein, für die Combination dieser Formen an derselben Pflanze, ja selbst für alle möglichen Combinationen, die entstehen, wenn wir die einjährigen Stengelglieder noch, wie oben geschehen, nach verschiedener Dauer dreifach eintheilen, Beispiele zu finden. Der Stengel von *Avena sativa* beginnt häufig mit einem entwickelten, früh absterbenden Stengelglied, dann folgen mehrere immer breiter werdende unentwickelte Stengelglieder, dann folgen wieder entwickelte Stengelglieder**. Beide letztern dauern die ganze Vegetationsperiode, dann folgen entwickelte Stengelglieder des Blüthenstandes nur das Ende der Vegetationsperiode dauernd. Bei *Zea mais* beginnt der Stengel mit einem entwickelten bald absterbenden Stengelgliede, dann folgen unentwickelte Stengelglieder, dann folgen entwickelte, beide die ganze Vegetationsperiode dauernd, dann folgen wieder die unentwickelten des weiblichen Blüthenstandes nur das Ende der Vegetationsperiode lebend. *Chamaedorea schiedeana* beginnt mit unentwickelten Stengelgliedern, dann folgen entwickelte,

* Als ein recht schlagendes Beispiel von Begriffsverwirrung erwähne ich hier, dass *Meyen* in der zweiten Hauptabtheilung (Bd. I. seiner Physiologie, die erste handelt von den Elementarorganen) unter der Ueberschrift: »Allgemeine vergleichende Darstellung der Typen, nach welchen sich die Elementarorgane zur Bildung der Pflanzen an einander reihen« einzig und allein vom Stamme handelt, während man Geweblehre, Organographie, natürliches System u. s. w., nur gerade das, was er giebt, durchaus nicht bei der Ueberschrift denken kann.

** Dasselbe findet bei *Hordeum vulgare* statt. Offenbar aber hängt es bei beiden von der Lage des Korns im Erdboden ab, ob das erste Stengelglied sich in die Länge streckt oder nicht.

beide perennirend. *Nuphar luteum* beginnt mit einem entwickelten Stengelgliede, welches bald wieder abstirbt, dann folgen unentwickelte perennirende Stengelglieder, dann ein entwickeltes, nur für das Ende der Vegetationsperiode auftretendes als Blüthenstiel. *Lilium candidum* beginnt mit unentwickelten Stengelgliedern, die perenniren, dann folgen einjährige, entwickelte Stengelglieder u. s. w. Diese Beispiele liessen sich leicht vermehren und vervollständigen. Einige Formen sind für bestimmte Pflanzengruppen charakteristisch, z. B. Stämme mit entwickelten Stengelgliedern bei den Cupuliferen, Stämme mit entwickelten Stengelgliedern bei den rohrartigen Palmen, mit unentwickelten Stengelgliedern bei den übrigen Palmen, Stengel mit entwickelten Stengelgliedern bei den meisten Gräsern u. s. w. Ebenso sind gewisse Combinationen charakteristisch, z. B. perennirende und unentwickelte Stengelglieder mit einjährigen entwickelten bei allen (?) Liliaceen. Viel häufiger aber sind bestimmte Formen und Combinationen einzelnen Geschlechtern und Arten eigenthümlich. Bis jetzt ist noch viel zu wenig auf dieses Verhältniss der eigenthümlichen gesetzmässigen Folge von entwickelten und unentwickelten Stengelgliedern an derselben Axe geachtet, insbesondere ist die merkwürdige Eigenheit mancher Arten und Geschlechter, beim Keimen zuerst ein entwickeltes Stengelglied, welches bald wieder abstirbt, und darauf unentwickelte zu bilden, gänzlich übersehen. Beispiele hierfür liefern sehr verschiedene Pflanzen, *Zea mais*, *Briza maxima*, *Phormium tenax*, *Nymphaea*, *Nuphar etc.* und wenigstens sehr oft *Avena sativa* und *Hordeum vulgare*. Häufig pflegt bei den Axen mit unentwickelten Stengelgliedern, zumal öfter, wenn schon der Anfang durch ein entwickeltes Stengelglied gemacht ist, das Absterben der einzelnen Glieder von Unten auf allmälig fortzuschreiten, weshalb die Axe, auch wenn sie perennirt, nie eine bedeutende Länge erreicht, z. B. bei *Iris*, Zwiebelgewächsen und den meisten unterirdischen Axen (*Rhizoma*) mit unentwickelten Internodien.

Ich muss hier aber noch etwas genauer auf die Bildungsgeschichte dieser Formen der Axe eingehen. Es ist schon oben (§. 74.) erwähnt, wie jede Form nur aus der Anordnung der neu entstandenen Zellen und deren späterer Ausdehnung hervorgehen kann. Hierauf beruht nun auch alle Axenbildung. Im Embryo ist das obere Ende, aus welchem sich die Axe entwickelt (die Terminalknospe) mehr oder weniger einer Halbkugel oder einem stumpfen Kegel ähnlich. In diesem Theile geht hauptsächlich die Neubildung vor sich und er behält im Ganzen stets seine Form bei. Nur gewinnt er natürlich bei den Axen mit unentwickelten Stengelgliedern, wenn sie sich sehr in die Breite ausdehnen, eine grössere Basis, und wird dann nach specifischer Eigenthümlichkeit bald kürzer und stumpfer (die meisten unterirdischen Axen), bald länger und spitzer. Zwar ist nun der hier vor sich gehende Bildungsprocess noch keineswegs so genau erforscht, wie es nöthig wäre, aber es ist doch auch so schon Manches ziemlich klar zu erkennen. Ein nur etwas geübtes Auge erkennt nämlich leicht die Stellen in einer Pflanze, wo ein lebhafter Zellenbildungsprocess vor sich geht, an der scheinbaren Structurlosigkeit der gelblichen sulzigen Masse (erstes Stadium); die Stellen, wo eben der Zellenbildungsprocess aufgehört hat, an dem zwar deutlichen aber zarten Zellgewebe (mit mehr homogenem Inhalt), welches aber noch ganz von Saft durchdrungen ist (zweites Stadium), endlich das Zellgewebe, welches schon älter geworden ist, an dem schwärzlichen Schein, der dadurch hervorgerufen wird, dass bereits alle Intercellulargänge saftleer geworden, nur noch Luft führen (drittes Stadium). Wenn man diese Punkte ins Auge fasst, kann man an den meisten Axen ziemlich leicht die Entstehung der Formen verfolgen.

I. Die Anordnung des Zellgewebes wirkt ausschliesslich im ersten Stadium und zwar höchst wahrscheinlich bedingt

1) durch die Anordnung der Brutzellen in den Mutterzellen. Liegen sie meist linienförmig in der Längsaxe des Stengels, so wird ein gestrecktes Stengelglied vorbereitet, liegen sie meist nach den Ecken des Tetraeders, ein unentwickeltes Sten-

gelglied; liegen sie endlich meist in einer Fläche, so kann diese Fläche senkrecht auf der Axe stehen, dann werden sich die Stengelglieder sehr in die Breite entwickeln, oder sie können parallel der Axe liegen, dann bildet sich eine von zwei Seiten flach gedrückte Axe.

2) Durch die Form des Processes selbst, indem dieser an gewissen Stellen früher aufhört als an Andern.

A. Der erste hier festzuhaltende Unterschied ist der zwischen Monocotyledonen und Dicotyledonen überhaupt, auf dem die Eintheilung in geschlossene und ungeschlossene Gefässbündel beruht.

a. Bei den Dicotyledonen hört nämlich der Zellenbildungsprocess an der Aussenseite der Gefässbündel niemals auf, weshalb die einzelnen Stengelglieder, so lange sie überhaupt leben, beständig in die Dicke wachsen.

b. Bei den Monocotyledonen dagegen kommt ein doppelter Bildungsgang vor, indem entweder

1) jener Zellenbildungsprocess regelmässig von Unten nach Oben an den einzelnen Gefässbündeln aufhört und daher eine Verdickung des einzelnen Stengelgliedes durch dieselben unmöglich ist, die Verdickung der Axe selbst aber nur successiv durch das immer breiter Werden der sich folgenden Stengelglieder (wie unter D. weiter entwickelt ist) erreicht werden kann, und daher, wenn er cylindrisch in die Höhe steigt (sei es so wie unter B. oder wie unter D. dargestellt ist) sich fernerhin nicht mehr verdickt, oder

2) sich im äussern Umfange der Axe eine Lage von Zellen bildungsfähig erhält, welche beständig durch ihre fortgehende Zellenproduction die Axe verdicken, indem in dem neugebildeten Zellgewebe gleichzeitig sich fortwährend neue Gefässbündel bilden. Dieser Process findet sich aber nur bei den Monocotyledonen mit unentwickelten Stengelgliedern, wenn sie sich typisch verästeln, bei *Dracaena*, einigen Palmen (*Cucifera thebaica*), Aloineen.

Dieser zweite Bildungsprocess hat mit den bei den Dicotyledonen in sofern einige Aehnlichkeit, als bei beiden im ganzen Umfange des Stengels eine zusammenhängende Zellenschicht fortbildungsfähig bleibt. Bei beiden nehmen die neu entstehenden Zellen zwei Formen an, indem ein Theil sich dem Zellgewebe zwischen den Gefässbündeln anschliesst, ein anderer Theil aber der Gefässbündelbildung angehört. Aber der wesentliche Unterschied bleibt der, dass diese letzte Portion bei Dicotyledonen nur die vorhandenen Gefässbündel nach Aussen hin fortbildet, bei Monocotyledonen dagegen in neue isolirte Gefässbündel umgewandelt wird.

B. Schreitet der Bildungsprocess regelmässig von Unten nach Oben fort, indem immer eine bestimmte Fläche der Basis aufhört, Zellen zu bilden, so bedingt er eine cylindrisch aufsteigende Axe. Bei gestreckten Stengelgliedern ist dies immer der Fall, daher lässt sich jedes Stengelglied durch zwei Schnitte rein von der Axe trennen.

C. Hört der Zellenbildungsprocess an einzelnen Stellen des Umfangs etwas früher auf als an andern, so bilden sich Axen mit hervorspringenden Kanten, z. B. dreischneidige, vierkantige u. s. w. Am auffallendsten ist dieses Verhältniss, wenn der Bildungsprocess von zwei Seiten her sehr bald aufhört, so dass dadurch ein zweischneidiger Stengel gebildet wird, der oft eine völlig dünne Platte darstellt und häufig für ein Blatt gehalten wurde, weil man ganz verkehrter Weise die Dimensionsverhältnisse im Raum mit unter die Merkmale einzelner Organe aufnahm. Beispiele geben am schönsten *Ruscus* und *Phyllanthus*.

D. Dauert er länger im Umfange als in der Mitte, so ergiebt sich Folgendes. Bei der gewöhnlichen Kegelform der Terminalknospe findet in diesem Falle der Zellenbildungsprocess nicht im ganzen Kegel, sondern stets nur in einem Kegelmantel statt, so dass die ganze freie Fläche des Kegels die jüngsten Zellen enthält, der ganze Kern des Kegels die älteren. Hier steigt auch die Axe gewöhnlich cylindrisch in die

Höhe, aber nicht durch gleichsam aufeinander gelegte Scheiben (wie bei A.), sondern durch aufeinander gesetzte Kegelmäntel. Jedes neue Stengelglied ist selbst ein solcher Kegelmantel und lässt sich daher nicht durch einen senkrecht auf die Axe gerichteten Schnitt abschneiden, sondern nur durch einen einer Kegelfläche folgenden Schnitt herauslösen. Dauert hier in dem folgenden Stengelgliede der Zellenbildungsprocess etwas länger als in dem vorhergehenden, so entsteht ein längerer Kegelmantel, der also auch über die Basis des vorigen, die eigentlich frei werden sollte, hinausgreift, und das neue Stengelglied wird im Verhältniss zum vorigen breiter, oft so viel, dass die freien Ränder der sich folgenden Stengelglieder, statt in einer verticalen Cylinderfläche zu liegen, eine horizontale Kreisfläche bilden (z. B. sehr schön bei *Melocactus* zu beobachten), oder bei minderm Grade des Ueberragens in einer nach Unten convexen Halbkugelfläche liegen (wie z. B. bei den meisten Stengeln, die ziemlich dick und dauerhaft sind, sich an dem ersten oder auf das erste folgenden Stengelgliedern zeigt, z. B. *Zea mais* u. a.).

E. Am auffallendsten endlich werden die Formen, wo der Zellenbildungsprocess gerade umgekehrt wie bei D. am Rande früher aufhört als in der Mitte; seltener trifft dies ein einzelnes Stengelglied, gewöhnlich mehrere sehr kurze, unentwickelte, die zusammen fast nur eine Scheibe ausmachen, zugleich. Hat sich nämlich anfänglich eine Scheibe oder ein stumpfer Kegelmantel gebildet und der äusserste Rand hört auf, fortbildungsfähig zu sein, ordnen sich ferner die in der Mitte neu entstandenen Zellen noch fortwährend flächenförmig an, so wird der Rand anfänglich noch durch Ausdehnung seiner Zellen etwas nachkommen können, bald aber hört dies auf und er muss sich erheben, indem die Mitte sich allmälig zu einer hohlen Form entwickelt, auf dieselbe Weise, wie eine Bleischeibe hohl wird, wenn man durch Hammerschläge nur ihr Inneres, nicht ihren Rand ausdehnt. Je nachdem der Zellenbildungsprocess nun längere oder kürzere Zeit anhält, rascher oder langsamer vor sich geht und je nachdem die Anordnung der neu hervorgehenden Zellen sich längere oder kürzere Zeit auf dieselbe Fläche beschränkt, werden die hohlen Formen sehr verschieden sein. Von den noch convexen Stengelgliedern, welche die Blüthen tragen bei *Anthemis*, durch die flache Scheibe bei *Helianthus*, durch die concave Scheibe bei *Sonchus*, bis endlich zur länglichen, oben fast geschlossenen Becherform bei *Ficus* finden wir fast alle möglichen Uebergänge; ebenso von den convexen die Früchtchen tragenden Stengelgliedern bei *Potentilla*, durch die Becherform bei *Rosa* bis zur völlig geschlossenen und mit den Früchtchen verwachsenen bei *Malus* und *Pyrus*. Für die Klarheit der Anschauung mache ich noch besonders darauf aufmerksam, dass bei all diesen hohlen Formen der tiefste Punkt im Innern der Höhlung dem äussersten Terminaltrieb entspricht, also zwar mathematisch tiefer, aber organisch höher an der Axe liegt als die inneren Wände der Höhle, als der Rand; so sind die tiefsten Blüthen in der Feige die jüngsten, wie die innersten bei *Helianthus*, die obersten bei *Anthemis*, ebenfalls die tiefsten Carpelle in der Rosenfrucht die jüngsten Blattorgane, die am Rande stehenden Blumen- und Kelchblätter die ältesten. Ebenso endlich stehen die untersten Carpelle im Granatapfel organisch höher an der Axe, als die oberen grösseren Carpelle. Man muss sich hier durchaus nicht durch den Widerspruch zwischen geometrischen Raumbestimmungen und den organischen Verhältnissen irre machen lassen und scharf diese Eigenheit auffassen. Man sieht nur gar zu leicht so manchen Schriftstellern an, dass ihnen dieses Verhältniss nie deutlich geworden ist, und deshalb bleibt ihnen auch so vieles Andere in Blüthenstand und Blüthenbildung unklar und als seltsame Eigenheit stehen, was doch bei richtiger Auffassung sehr einfach und natürlich erscheint. Specieller muss ich darauf noch unten bei der Blüthenbildung eingehen. Es findet aber dies Verhältniss zwar am auffallendsten, aber keineswegs ausschliesslich bei den Stengelgliedern in der Nähe der Blüthentheile statt, sondern kommt auch sonst vor, z. B. bei *Melocactus*, *Echinocactus*, *Mamillaria* u. a., wo stets das Ende der Axe eine Trichter- oder Becher-

form zeigt und die Terminalknospe auf dem Grunde derselben viel tiefer als die zehn und mehrere vorhergehenden Stengelglieder steht.

II. Im zweiten oben unterschiedenen Stadium kann nur die allseitige gleichförmige Ausdehnung der im vorigen Stadium gebildeten Zellen wirken, da, noch ganz von Feuchtigkeit durchdrungen, die Zellen auch ziemlich allseitig ernährt werden müssen. In dieser Periode kann sich daher wohl das Volumen, nicht aber Form und Verhältniss ändern.

III. Im dritten Stadium endlich tritt ausschliesslich die Ausdehnung der vorhandenen Zellen als Form gebend auf. Meistentheils ist aber wohl hier die Ausdehnung der Zellen ihrer Art nach schon durch die erste Bildung im ersten Stadium bedingt (vergl. §. 78.), indem die Zellen in den Richtungen, in denen sie sich in der Mutterzelle berührten, auch sich inniger verbinden, in andern Richtungen also lockerer zusammenhängend auch weniger den Säftedurchgang und somit die Ernährung erleichtern werden. Insbesondere ist es freilich, soweit jetzt noch unsere mangelhaften Beobachtungen reichen, nur die Längenausdehnung der Zellen in der Richtung der Axe, welche wesentlich die Form der entwickelten Stengelglieder bedingt und bewirkt; insbesondere finden wir sie daher auch mit den im ersten Stadium unter A. erwähnten Verhältnissen verbunden. Misst man die Länge der Zellen in einem Stengelgliede (z. B. bei *Arundo Donax*), welches eben in das dritte Stadium eingetreten ist, und nachher die Zellenlänge eines ausgewachsenen Stengelgliedes, so findet man bald, dass diese Zellenausdehnung vollkommen genügt, um den Längswachsthum des ganzen Stengelgliedes zu erklären. Da sich indess die Zellen ungleich ausdehnen, muss man am ausgewachsenen Stengelgliede nur die mittleren Zellen messen, bei den oberen Zellen würde das Resultat zu klein, bei den unteren zu gross ausfallen. Jene dehnen sich weniger aus und hören früher auf, diese dagegen strecken sich stärker und fahren längere Zeit fort, sich in der Längsrichtung auszudehnen; daher die so grundfalsche Ansicht Vieler, dass die Stengelglieder länger am untern Ende, als am obern wachsen.

Alles in diesem Paragraphen Angeführte und weiter Entwickelte bezieht sich allerdings zunächst auf die Axenbildung der einfachen Pflanze (zweiter Ordnung), an welcher alle erwähnten Verhältnisse vorkommen können und in der Natur wirklich vorkommen; es findet aber auch seine Anwendung auf diejenigen einfachen Pflanzen, welche als Knospen an einer andern entstanden sind, mögen diese nun sich trennen und selbstständig fortleben, oder mit der Pflanze, an der sie entstanden sind, verbunden eine zusammengesetzte Pflanze darstellen. Dabei zeigt es sich nun aber wieder, dass so wie an der einfachen Pflanze jedes einzelne Stengelglied für sich unabhängig zu einer besondern Form sich entwickeln kann, noch mehr die Axen der einfachen Pflanzen in ihrer Combination zur zusammengesetzten Pflanze von einander unabhängig sind und ganz verschiedene Formen annehmen können, deren Combinationen dann wieder für Pflanzen und Pflanzengruppen specifisch bestimmt sind.

In dieser ganzen Darstellung habe ich übrigens nichts weiter geben wollen und können, als eine ganz allgemeine Andeutung über den Gang, den die Natur hier zu nehmen scheint; so vielfache Untersuchungen ich auch über diesen Punkt gemacht habe, und ich glaube sie reichen hin, um das Mitgetheilte vorläufig zu rechtfertigen, so müssen doch noch weit umfassendere und gründlichere Untersuchungen in dieser Beziehung angestellt werden, ehe diese Lehre einigermaassen zu einem Abschluss kommen kann. Mir ist bis jetzt noch keine einzige einigermaassen tief eingehende Entwickelungsgeschichte auch nur irgend einer Axe bekannt, und da ist leicht zu erachten, wie wenig genügend das sein kann, was ich allein in dieser Beziehung bis jetzt habe arbeiten können. Den nothwendigen Gang der Untersuchung habe ich aber angedeutet und die Aufgabe richtig gestellt; erst die Folgezeit kann sie durch das Zusammenwirken vieler tüchtiger Kräfte lösen.

Historisches und Kritisches. Wie im Vorigen schon erwähnt und zum

öftern angedeutet ist, leidet die ganze Lehre vom Stengel an denselben Fehlern, wie alle übrigen Theile der Botanik. Das Wort Stengel ist von den meisten Botanikern nur schematisch aufgefasst und deshalb wissenschaftlich völlig unbrauchbar. Es fehlt hier wie überall an einer scharfen Begriffsbildung, weil es an leitenden Maximen, an einem wissenschaftlichen Regulativ für die Begriffsbildung fehlt. Ohne Entwickelungsgeschichte und daraus hervorgehende Bestimmung der Begriffe stehen wir hier wie überall völlig haltungslos da und kommen aus leerem Geschwätz gar nicht heraus. Ein alter Schlendrian z. B. sagt, der Stamm (*stirps*) wird eingetheilt in Stock (*caudex*), Holzstamm (*truncus*), Stengel (*caulis*), Binsenhalm (*calamus*), Grashalm (*culmus*), Schaft (*scapus*) u. s. w. Wenn wir in der Wissenschaft eintheilen, so ist zweierlei zu beobachten, erstens, dass wir nach Einem Eintheilungsgrunde abtheilen, dann, dass dieser Eintheilungsgrund zweckmässig gewählt sei. Das Letzte ist inductorisch zu bestimmen, das Erste ist eine rein logische Anforderung, seine Vernachlässigung ein ganz unentschuldbarer logischer Schnitzer. Daran leiden jene gewöhnlichen Eintheilungen im höchsten Grade, sie haben gar kein Eintheilungsprincip und sind gerade so ohne Sinn und unwissenschaftlich, als wenn ich die Gewächse insgesammt in Gräser, Bäume, Rosen, gelbblühende, grünstämmige und Pflanzen eintheilte. Ich möchte z. B. sehen, wie einer ohne Anatomie den Nelkenstengel (*caulis*) vom Grashalm (*culmus*) unterscheiden, oder umgekehrt anatomische Merkmale zur Unterscheidung des *scapus* von *Hemerocallis* und des *caulis* von *Lilium candidum* finden wollte. Es ist geradezu eine lächerliche Begriffsverwirrung, den *scapus* unter den Stengeln abzuhandeln, den man doch nicht anders charakterisiren kann als dadurch, dass er Blüthen trägt, also insofern er ein Blüthenstiel oder eine Inflorescenz ist; dann gehört er aber zu diesen und nicht zum Stengel; *spadix* wäre so gut eine Stengelform, als *scapus*, *calathium* ebenso u. s. w.

Hinsichtlich des zweiten Punktes habe ich nun oben schon meine Ansichten dahin ausgesprochen und gerechtfertigt, dass wir in der Botanik durchaus das morphologische Princip als das höchste festhalten müssen. Darum müssen wir die Eintheilungen zuerst nur von diesem entlehnen, und zwar darf uns dabei wiederum nur die Entwickelungsgeschichte leiten*.

Aber auch auf einer andern Seite hat diese angeführte Redeweise gar keinen wissenschaftlichen Halt. *Calamus*, *culmus*, *scapus etc.* sind nämlich nur ganz vereinzelte Erscheinungen, die einigen Pflanzen, einzelnen Gruppen, nicht einmal den ganzen Gruppen zukommen, und gehören deshalb gar nicht in die allgemeine Botanik, sondern in den ganz speciellen Theil hinein. Die Gräser haben ebenso verschiedene Stengelformen, als die meisten andern Familien, und es ist nur ein Beweis logischer Confusion, wenn man einen Theil dieser Formen, der, wenn er nicht (wie aber niemals geschieht) als monocotyledoner Stengel bezeichnet wird, von vielen andern Formen und selbst als monocotyledoner Stengel, wenn man z. B. die Stengel des *Mais*

---

* So gewinnen wir denn eigentlich die Uebersicht: Phanerogamen, *A.* Gymnospermen. Structur. Homogenes Holz. *B.* Angiospermen. Structur. Heterogenes Holz. *a*) Monocotyledonen. Structur. Geschlossene Gefässbündel. Axen, *α*) mit unentwickelten 1, 2.... übrige Verschiedenheiten, *β*) mit entwickelten Stengelgliedern, 1, 2.... übrige Verschiedenheiten. *b*) Dicotyledonen. Structur. Ungeschlossene Gefässbündel. Axen, *α*) mit unentwickelten, 1, 2.... *β*) mit entwickelten Stengelgliedern, 1, 2.... Der Bequemlichkeit wegen habe ich aber hier Gymnospermen, Monocotyledonen und Dicotyledonen in der Betrachtung der einzelnen Organe vereinigt, und daher entsteht denn, aber nur scheinbar, die Inconsequenz, dass die Eintheilung der Axen nach geschlossenen und ungeschlossenen Gefässbündeln allgemeiner und schärfer zu sein scheint, als die morphologische, aber wie gesagt nur scheinbar, denn die geschlossenen und ungeschlossenen Gefässbündel sind überall gar kein Eintheilungsprincip der Axenbildungen, sondern ein Unterschied in der Structur der ganzen Pflanzengruppen. Ich will dies hier noch ausdrücklich erwähnen, um dem Vorwurf der Inconsequenz auszuweichen.

und der *Tradescantia* zusammenstellt, sich gar nicht unterscheidet, in der allgemeinen Botanik als etwas Allgemeines abhandelt. Mit all diesen Einzelheiten hat es die allgemeine Botanik gar nicht zu thun, und sie hier abzuhandeln, statt die allgemeinen Grundsätze der Formenentwickelung aufzuweisen, ist nur ein sicheres Mittel, den Schüler völlig confus zu machen und ihm einen leeren Wortschwall für Wissenschaft zu verkaufen.

Daher kommen die vielen ganz unfruchtbaren Streitigkeiten, mit denen Zeit und Papier vergeudet werden, ob etwas *calamus*, *scapus* u. s. w. sei. (Ich möchte den sehen, der sie anders unterscheiden wollte, als wenn er sagt, *calamus* ist der *scapus* bei den Cyperaceen u. s. w.) Jeder Streit anders, als mit streng wissenschaftlich definirten Begriffen, bleibt ewig ein nichtsnutziges Hin- und Herreden ohne möglichen Abschluss. Noch ein Beispiel mag hier angeführt werden.

*Link** sagt: »Der Hauptstock (*caudex*) besteht aus aufwärts wachsenden Theilen, welche Stamm und Stengel genannt werden, und aus niederwachsenden, den Wurzeln. Der aus dem Embryo sich entwickelnde ist der Hauptstamm, die aus der Knospe sich entwickelnden sind demselben ganz gleich, heissen Aeste, wachsen auch in die Höhe. Blüthenstiele sind Aeste**. Der Stamm wächst aufwärts nach der Bewurzelung, denn anfangs wächst der Keim niederwärts***, treibt Wurzeln†, dann richtet er sich mit dem andern Ende auf und wächst nun aufwärts, da er vorher niederwärts gewachsen war††. Nun folgen Bestimmungen über Verästelungen des Stammes. Die Richtung des Stammes beim Aufwachsen ist zuerst vertical, dann aber nimmt er nicht selten eine andere Richtung an. Verschiedene Richtungen des Stammes und der Aeste. Die Länge des ächten††† Stammes ist zugleich seine Höhe, denn der lang niederliegende Stamm von *Calamus Rotang* ist ein Ausläufer††††. Die hohen Palmen haben ein Caulom†* u. s. w. Der Stamm der Gräser entsteht auf eine andere Weise, als bei den übrigen Monocotyledonen. Der Keim (so nennt *L.* den Cotyledon) fehlt ganz, oder an seiner Stelle ist das Schildchen vorhanden††*, welches in den Stamm geradezu ohne Knospe (!!) übergeht, der an der Basis Wurzeln treibt, oben aber in die Höhe wächst*†. Nur in Rücksicht auf das Folgende möchte ich den Namen »Halm« beibehalten. Sehr sonderbar ist der dichte Stamm von *Mais*, der aus der Spitze eines dem vorigen ganz gleichen Stammes zwischen Blättern wie aus einer Knospe hervorkommt. Ich würde den obern Stamm Halm nennen**†, wenn es nicht vom Sprachgebrauch zu sehr abwiche, daher nenne ich lieber den vorigen so. Dieser Stamm hat eine doppelte Analogie mit dem Stamme und dem Keime (*cotyledon*)

---

* *Elem. phil. bot. Ed. II. Bd. I. p.* 53. 221 *sqq.*

** Was ist denn der Ast der Traueresche, was das horizontale Rhizom, was der Ausläufer, was die Blüthenstiele von *Arachis hypogaea?* u. s. w. die alle nicht in die Höhe wachsen.

*** Falsch; nur die Wurzel, nicht der Keim.

† Falsch; die meisten Embryonen haben schon eine deutliche Wurzel, die sich nur verlängert.

†† Falsch; denn was niederwärts wuchs (die Wurzel), wächst niemals aufwärts, und was aufwärts wächst, ist niemals niederwärts gewachsen.

††† Offenbar nur eingeschoben, um den folgenden nichtssagenden Satz zu rechtfertigen, denn im ganzen Buch ist von keiner Eintheilung in ächten und unächten Stamm die Rede. Auch widerspricht es geradezu dem Vorhergehenden, da der primäre Stamm des Embryo doch gewiss ein ächter Stamm ist und auch niederliegen kann, bei dem windenden Stamm ebenfalls Länge und Höhe verschieden sind.

†††† Woher weiss *Link* das? Mir ist sehr wahrscheinlich, dass es die primäre Axe ist.

†* Ist denn das kein Stamm? Von etwas Anderm war noch nicht die Rede.

††* Das Schildchen ist seiner Entwickelung nach durchaus identisch mit dem Cotyledon und fehlt niemals bei den Gräsern.

*† Ob *L.* wohl je einen Grasembryo und seine deutliche vom Schildchen ganz getrennte Knospe angesehen hat?

**† Warum, ist nicht einzusehen.

der übrigen Monocotyledonen *. Später S. 301 folgen die sogenannten Anamorphosen des Stammes **. Das Caulom (der Palmstamm) findet sich nur bei den Monocotyledonen und entsteht aus Blättern, die eines aus dem andern, und zwar aus dessen Scheide hervorkommen ***. Nur ein dünner (!!) Faden von Stamm vereinigt diese Blätter ****. Die Zahl der Blätter mehrt sich immer und dadurch wird das Caulom verdickt †. Dann aber wächst auch jener dünne Stamm an, indem neues Parenchym anwächst und in diesem neue Holzbündel ††. Daher verdickt sich das Caulom nicht nach Oben †††, sondern behält ganz dieselbe Dicke, ja der untere Theil ist wegen der verwelkenden Blattscheiden nicht selten dünner als der obere ††††. Das Caulom wächst langsam und die damit versehenen Pflanzen bleiben lange stammlos, zuweilen bekommen sie nie einen Stamm †*. Ein sehr kurzes Caulom, welches zu einem Stamme auswächst, haben die Wasserlinsen ††*. Nun folgt eine dritte Anamorphose, der Knollstock (*cormus*). Hierher wird die Zwiebel gerechnet *†. Vierte Anamorphose der Wurzelstock. Aus der Basis des Stammes unter der Erde kommen oft Stämme vor, die von Anfang an niederwärts wachsen« u. s. w. **†

---

* Vergleicht man die Keimung des Hafers mit der Keimung von Mais, so ist auch durchaus kein Unterschied zu bemerken. Der Cotyledon (das Schildchen) verlängert sich nicht, die grosse Knospe tritt bei beiden aus der Spalte des Cotyledon hervor, bildet anfänglich ein entwickeltes Stengelglied, dann einige unentwickelte und dann entwickelte Stengelglieder, kurz es ist auch nicht der geringste Unterschied vorhanden, wenn man genau zusieht. Vergleicht man die Keimung von *Allium* und *Avena*, so zeigt sich bei beiden ein Cotyledon, der bei beiden eine schon fertige Knospe bis auf eine kleine Spalte umschliesst. Bei *Allium* strecken sich die Zellen des Cotyledons in die Länge, deshalb wird Wurzel, Stengel und Knospe etwas vom Saamen entfernt, bei *Avena* nicht; das ist der einzige Unterschied. Aber man muss zusehen.

** Ein ebenso überflüssiger als falsch angewendeter Ausdruck, denn es werden darunter Structurverhältnisse und Formenverschiedenheiten ohne Unterschied zusammengeworfen.

*** Entweder falsch oder eine völlig nichtssagende Rede. Die Blätter kommen nie aus Blättern, sondern aus dem Stengel hervor. Aber auch bei den Gräsern und allen scheidenblättrigen Pflanzen umschliesst ein Blatt das andere.

**** Ob *Link* wohl je eine Palme keimen gesehen oder einen Durchschnitt durch die mächtige Terminalknospe von einer *Yucca* oder einer Palme betrachtet hat.

† Der Palmenstamm, der Stamm von *Yucca* werden gar nicht verdickt sobald die genügende Basis gebildet ist, sondern steigen cylindrisch in die Höhe, an der dicken, gleichförmigen, ungetheilten Masse der Stengelanlage im Terminaltrieb entstehen die Blätter.

†† Das ist geradezu unwahr. Nie wächst im unverästelten Palmenstamme, nachdem er aus dem Knospenzustand herausgetreten ist, weder Parenchym noch Gefässbündel an.

††† Geradezu ein Widerspruch mit dem Satz wenige Zeilen vorher.

†††† Hat gar keinen Sinn. Ist das Caulom als solches oben dicker als unten, so muss es sich nach Oben verdickt haben; ist aber blos gemeint, dass das cylindrische Caulom mit den Blättern dicker sei als ohne dieselben, so ist das eine nichtssagende Trivialität.

†* Oben hiess es: »Der Stamm fehlt nie.« Hier soll es aber nur heissen, sie bekommen keinen langen Stamm, was aber bei andern Pflanzen ohne Caulom auch stattfindet.

††* Hier ist es mir unmöglich auch nur zu ahnen, welche Aehnlichkeit *L.* zwischen einem Palmenstamme und einer Wasserlinse findet. Zum Stamme wächst übrigens bei Wasserlinsen gar nichts aus. Die ganze Pflanze besteht aus einem einzigen Stengelglied, noch dazu ohne Terminalknospe.

*† Hätte *L.* nur mit einiger Aufmerksamkeit den Stamm von *Allium angulosum* oder *senescens* vom Keime an in seiner Entwickelung beobachtet, so würde er gesehen haben, dass zwischen ihm und dem sogenannten Caulom von *Yucca* auch nicht der geringste Unterschied ist, wenn man von blosser Maassverschiedenheit absieht. Bei Palmen und Allium-Arten sterben die untersten Stengelglieder allmälig ab; bei den Palmen nur für eine Zeitlang, bei den Zwiebeln fortwährend, sonst würde jede Zwiebel ein Palmenstamm. Ganz dasselbe hat in neuerer Zeit *Link* ebenfalls, ohne seiner frühern Verkehrtheiten und der frühern richtigen Ansichten Anderer zu gedenken, als eigne Weisheit in einer übrigens gehaltlosen Arbeit vorgebracht. Vergl. Flora 1845, Nr. 18.

**† Oben hiess es, alle Stämme und alle Aeste wachsen wenigstens im Anfange aufwärts, ja darin lag sogar das einzige Merkmal des Stammes.

Was sollen aber überall die Anamorphosen sein, sind es Stämme oder nicht? Entstehen sie aus Stämmen, welche Stammformen gehen vorher? Was ist das gemeinschaftliche Merkmal von Stamm und seinen Anamorphosen, was ist ihr allgemeiner Unterschied? Von all den Fragen, die sich sogleich jedem halbwegs logischen Kopf aufdrängen, findet keine eine Antwort. Doch ich glaube überhaupt hiervon genug gegeben zu haben. Oberflächliche Behandlung mangelhaft beobachteter Thatsachen charakterisirt diese ganze Darstellung. Dennoch giebt es gar viele botanische Handbücher, in denen Alles noch unlogischer und unwissenschaftlicher ist, als hier, und es mag dies als allgemeine Kritik der bisherigen Lehre vom Stengel genügen.

Die Axengebilde aus ihrer Entwickelungsgeschichte zu erklären hat bisher Keiner versucht, wohl aber hat man wieder statt Untersuchungen den wunderlichsten Phantasien Raum gelassen und dann auch behauptet, der Stengel sei nichts als verwachsene Blattstiele. Man kann wohl ruhig aussprechen, dass die Leute, die dergleichen behaupten, selbst sich nicht verstehen, denn sonst würden sie einsehen, dass, wenn man eine Verwachsung behauptet, man dieselbe auch aufweisen muss, d. h. zeigen, wie zwei getrennte Theile sich durch den Wachsthumsprocess vereinigen, während sie doch zu einer solchen, der allein möglichen Demonstration nicht einmal einen Versuch gemacht haben. Der Versuch würde freilich gleich die ganze Sache widerlegen. Ein Theil dieser Männer möchte leicht zur Besinnung kommen, wenn sie nur eine Entwickelungsgeschichte vollständig anschauten. Es ist aber noch ein andrer Theil, dem damit der Staar nicht zu stechen ist. Diese meinen nämlich, dass sie mit ihren Worten die Formen machen könnten, statt sie von der Natur zu empfangen. Sie ahnen nicht, dass naturhistorische Begriffe überall nicht künstlich zusammenzuflicken, sondern inductorisch zu finden sind, und fühlen sich sehr klug, wenn sie behaupten können, dass der Stengel, der stets ein ungetrenntes Ganze war, doch auch als verwachsene Blattstiele betrachtet werden könne, wenn er es auch nicht ist. Zu dieser Classe scheint *Gaudichaud** zu gehören, dessen sogenannte neue Theorie auf den unschuldigen Spass hinausläuft, dass wir in Zukunft die Pflanze nicht Pflanze, sondern Blatt, das Blatt nicht Blatt, sondern Blatttheilblatt, den Stengel nicht Stengel, sondern Stengeltheilblatt u. s. w. nennen sollen. Ich denke, man muss Niemand in seinem Vergnügen stören, aber Wissenschaft ist da nicht. Endlich giebts noch eine dritte Classe von Naturforschern, mit denen nicht zu streiten ist, die sich das Motto aus dem heiligen Augustinus gewählt zu haben scheinen: *Credo quia absurdum est.* Sie sehen mit Achselzucken auf den armen Empiriker herab, der in den Dingen nichts Anderes sieht, als ihm seine Sinne, sein logischer Verstand und seine gesunden Vernunftprincipien zeigen. Sie räsonniren so: eben weil uns die Anschauung den Stengel als erstes, die Blätter als späteres zeigt, muss es in der geistigen, der blöden und rohen Sinnesanschauung entgegengesetzten Anschauung gerade umgekehrt sein. Diese Leute sind es, die uns mit dem Unsinn des idealen Aborts, der idealen Verwachsungen u. s. w. beschenkt haben. Mit ihnen ist nicht zu streiten, weil sie keine Gesetzlichkeit unserer Geistesthätigkeit, also auch keine Entscheidungsnormen und kein Forum anerkennen.

---

b. Richtungsverschiedenheiten.

§. 126.

Jede Axe der einfachen Pflanze (zweiter Ordnung) entwickelt sich beim Keimen anfänglich gerade aufwärts von ihrem Boden, so dass die Linie, die die Spitze

---

* *Gaudichaud, recherches sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie des vegetaux.* Paris 1841. Ueber alle Beschreibung oberflächlich und leichtfertig (vergl. meine Recension in der neuen Jenaer Lit. Zeit. 1842). Seine ferneren Zänkereien mit *Mirbel*, sein unaufhörliches Wiederkäuen derselben Oberflächlichkeiten wirken zu stark emetisch um sie hier und überhaupt in der Wissenschaft auch nur anzuführen.

von Terminalknospe und Würzelchen verbindet, eine gerade oder doch fast gerade, senkrechte Linie auf die Ebene des Bodens der Pflanze, also meist auf die Fläche des Horizonts darstellt. Von diesem Gesetz weichen nur scheinbar die schwimmenden keimenden Pflanzen ab, weil es ihnen in dem flüssigen Medium an einem festen Punkt fehlt, an welchem sie sich aufrichten könnten, sie entwickeln sich daher gleich von Anfang an horizontal (schwimmend). Diese verticale Richtung bleibt aber für die fernere Entwickelung der Axe nur dann Gesetz, wenn dieselbe im Verhältniss zu ihrer Masse auch durch die Entwickelungsweise der untersten Internodien eine genügend breite Basis, durch die gehörige Entwickelung der Wurzeln oder Nebenwurzeln eine sichere Befestigung im Boden, und endlich, durch Structurverhältnisse bedingt, eine genügende Steifigkeit erlangt hat. Nur die äusserste sich stets neu entwickelnde Spitze behält immer das Bestreben, aufwärts zu wachsen. Auch hier wechseln die Verhältnisse oft in der Länge einer und derselben Axe nach specifischer Eigenthümlichkeit. Es folgen z. B. auf den geraden Anfang einige schwächere Stengelglieder, dann wieder stärkere, die sich aufrichten (*caulis adscendens*), oder auf mehrere steife, am Ende einige schlaffe (*caulis nutans*). Selten folgen auf ein anfänglich zwar senkrechtes, aber schwaches Stengelglied lauter feste derbe, die für immer flach auf dem Boden fortwachsen, wie z. B. bei *Nymphaea,* deren Axe sich nie vom Boden erhebt.

Die Axe wächst übrigens bei ihrer Fortbildung entweder gerade aus, oder hat die eigenthümliche Tendenz sich zu drehen, wodurch sie um ihre eigene Axe gedreht erscheint, wenn sie frei fortwächst, oder in Berührung mit einem dünnen festen Gegenstand sich um diesen spiralig aufrollt und zwar specifisch gesetzmässig als links oder rechts gewundene Spirale. Endlich ist noch das Verhältniss zwischen zwei einander folgenden Stengelgliedern zu beachten, die nicht immer in einer geraden Linie liegen, sondern oft gegen einander bestimmte Winkel bilden (*caulis geniculatus*). Häufig bleibt die Hauptaxe, weil sie nur aus lauter unentwickelten Stengelgliedern besteht, die von Unten nach Oben allmälig wieder absterben, stets unter der Erde, unterirdischer Stengel und Stamm (*caulis, truncus hypogaeus*).

Es ist im Allgemeinen ganz falsch, die Richtung des Pflänzchens auf die absolute Verticale an der Erde zu beziehen. Wie die Keimung von *Viscum* an der Seite oder untern Fläche eines Astes beweiset, steht die Richtung der Pflanze im Allgemeinen in gar keiner Beziehung zur Richtung der Schwerkraft an der Erde. Jede Pflanzenaxe wächst anfänglich in gerader Linie senkrecht abwärts von der Ebene des Bodens, in dem sie befestigt ist, und ändert eigentlich nie diese Richtung, nur nehmen die schon gebildeten Stengelglieder aus den im Paragraphen angeführten Ursachen oft eine andere Lage an. Es ist unten bei der Keimung noch weiter darüber zu sprechen.

Die Ursachen der spiraligen Drehung der Axe um sich oder um einen fremden Gegenstand, so wie der knieförmigen Biegung an dem Knoten sind uns noch völlig unbekannt. Ueber das erste haben wir eine ausgezeichnete Arbeit von *Mohl** erhalten, aber ohne dass er die Ursachen aufgefunden hätte. Ich will hier nur kurz noch die Bezeichnungen »rechts und links gewundene Stengel« erörtern, in denen viel Verwirrung herrscht. Die natürliche Anschauung ist folgende. Von Unten nach Oben entwickelt sich die Pflanze, sie steigt also auf; wenden wir nun die Ausdrücke links und rechts auf die Pflanze an, so hat das nur einen Sinn, indem wir uns an ihre Stelle setzen; wir steigen aber uns links wendend in die Höhe, wenn wir die Axe der Windung zur Linken haben, rechts, wenn wir sie zur Rechten haben. Beziehen wir es auf

* Von den Ranken und dem Winden der Schlingpflanzen.

den Lauf der Sonne, so können wir für unsere nördliche Halbkugel offenbar doch nur die der Sonne zugewendete südliche Hälfte der Windung mit ihrem Lauf in Beziehung bringen, dann geht aber die rechts gewundene Spirale mit der Sonne, die links gewundene gegen die Sonne. *Linné** hatte seltsamer Weise die Bezeichnungen umgekehrt verbunden, offenbar von einer unklaren Anschauung ausgehend, und Manche sind ihm darin gefolgt, Manche haben die Sache ganz umgedreht, links rechts und rechts links genannt, bis die Sache völlig confus war. Die Beziehung auf den Sonnenlauf ist überall eine sehr mangelhafte Bezeichnung. Links und rechts gewunden kann man aber, wie mir scheint, nicht wohl anders verstehen als ich angegeben habe. Eigenthümlich ist, dass die meisten tropischen Schlingpflanzen nach jedem ganzen Umlauf die Richtung der Spirale wechseln, z. B. *Bauhinia lingua*.

Uebrigens will ich schliesslich noch bemerken, dass alle hier berührten Eigenheiten ebenfalls für die aus Knospen entstandenen Axen gültig sind. In Bezug auf den ersten Punkt muss man nur festhalten, dass die Knospe eine Pflanze ist, der ihr Boden schon in der Entstehung bestimmt ist, dass also die ursprüngliche und natürliche Richtung ihres Wachsthums die auf der durch ihre Basis gelegten Ebene senkrechte Linie ist. Nicht allzuhäufig ändert sich bei den spätern Stengelgliedern diese Richtung in eine mit der der Hauptaxe parallele um.

---

c. *Von den Nebenaxen (axis secundarius).*

§. 127.

In jeder Blattachsel (Axillarknospe), unter begünstigenden Umständen an jeder Stelle eines Holzstammes (Adventivknospe) können Knospen entstehen; aus ihnen gehen wie aus dem Embryo vollkommene Pflanzen mit Axe und Blättern hervor, aber der Art ihrer Entstehung zufolge ohne Wurzelende; daher kommen ihnen auch, wenn sie selbstständig werden, ausschliesslich Nebenwurzeln zu. Mit der Hauptaxe verbunden nennt man diese Nebenaxen, wenn einjährig, Zweige, wenn perennirend, Aeste, die Art der Zusammensetzung im Allgemeinen, die Verästelung der Pflanze**. Es giebt sehr wenig vollkommen einfache Pflanzen (zweiter Ordnung), die meisten sind zusammengesetzt, wenigstens in der Weise, dass ihre Knospen Blüthen bilden; da jede Blüthenbildung aber die fernere Fortentwickelung der Axe aufhebt, so kann man Pflanzen, deren Axillarknospen ausschliesslich Blüthen sind, auch einfache nennen. Die Art der Verästelung charakterisirt hauptsächlich die eigenthümliche Physiognomie der ganzen Pflanze (die Tracht, *habitus*). Für die Adventivknospen giebt es gar keine Regelmässigkeit; die Stellung der Axillarknospen ist aber bedingt durch die Stellung der Blätter und ergiebt sich aus dieser von selbst, sobald alle Knospen sich gleichförmig entwickeln. Dies findet aber oft nicht statt, indem gesetzmässig bestimmte Knospen entweder gar nicht zur Entwickelung gelangen, oder nur vergängliche Blüthen bilden, und daher wenigstens für die perennirende Pflanze so gut wie nicht entwickelte Knospen sind. So z. B. bildet sich an *Lemna* nie eine Terminalknospe, sondern nur zwei Seitenknospen; diese trennen sich gewöhnlich bald von der Mutterpflanze und entwickeln sich auf gleiche Weise und so fort. *Viscum album* bildet jede Terminalknospe zur Blüthenknospe aus, da nun die Blätter und also auch die Knospen zu zweien auf gleicher Höhe der Axe sich gegenüber stehen, scheint sich der Stamm wiederholt gabelig zu theilen.

---

* *Philosophia botanica ed. II. Gleditsch p.* 39.

** Blüthenstand und Fruchtstand ist eigentlich ganz dasselbe, nämlich die Verästelung, insofern die letzten Zweige Blüthen u. s. w. tragen.

Bei sehr vielen, besonders perennirenden Monocotyledonen kommen ausser den zum Blüthenstand anwachsenden regelmässig gar keine Axillarknospen zur Ausbildung, so bei den meisten Palmenstämmen und sogenannten baumartigen Liliaceen, *Yucca*, *Alteris* u. s. w. Dasselbe findet sich bei einigen Dicotyledonen, z. B. *Carica*, *Theophrasta*. Ferner bestimmt die verschieden rasche und kräftige Entwickelung eigenthümliche Formen. Entwickelt sich die Hauptaxe wenig oder gar nicht im Verhältniss zu den Nebenaxen, so bildet sich der sogenannte *caulis deliquescens*, der verschwindende Stengel (bei *Prunus spinosa*); entwickeln sich mit der Hauptaxe auch alle Nebenaxen, verhältnissmässig gleich kräftig, so zeigt die Pflanze (*axis ramosus*) in der Regel eine sehr länglich eiförmige Gestalt wie die italienische Pappel; entwickeln sich die untern Aeste rascher als die obern, so dass alle Spitzen in einer Ebene liegen, so zeigt sich die gegipfelte Pflanze (*axis fastigiatus*) u. s. w. Besonders wichtig für die Charakteristik der Landschaft wird aber noch das frühe Absterben aller untern Aeste bei perennirenden Pflanzen, wodurch die so charakteristische Trennung des Baums in Stamm und Krone oder einfache und verästelte Axe bedingt wird.

Endlich ist hier noch zu erwähnen, dass gar häufig die Hauptaxe, bald nachdem sie sich aus dem Embryozustande entwickelt hat, abstirbt, während eine oder mehrere der untersten Seitenknospen und zwar horizontal unter oder auf der Bodenfläche fortwachsen, ohne sich selbst je aufzurichten, und nur die aus ihren Seitenknospen hervorgehenden Axen frei in die Luft erheben. Diese aus Seitenknospen hervorgegangenen horizontalen Axen nenne ich ausschliesslich Wurzelstöcke (*rhizoma*). Beispiele geben *Pteris aquilina*, *Equisetum arvense*, *Phragmites communis*, *Carex arenaria*, *Gratiola officinalis* (?), *Dentaria bulbifera* (?) etc.

Ueber die Knospen ist noch später ausführlich zu handeln; hier kam es nur auf die Axenbildungen an. Ueber das Verhältniss von Seitentheilen (hier den Nebenaxen) zu einer Axe (hier der Hauptaxe) ist schon in der allgemeinen Morphologie das Nöthige gesagt und bemerkt, wie die daraus hervorgehenden Formen nichts ausschliesslich Botanisches bezeichnen. Hier war nur zu erwähnen, auf welchen Entwickelungsgesetzen die Verschiedenheiten beruhen können. Wichtiger war es hier, den Begriff des Rhizoms scharf zu bestimmen, denn bisher hat man mit dem Wort so gespielt, dass ziemlich alle möglichen unter der Erde sich zeigenden Pflanzentheile darunter verstanden sind und zuletzt Niemand mehr wusste, was eigentlich ein Rhizom sei, obgleich das Wort allgemein gebraucht wurde. Ich glaube es ist passend, den Ausdruck wie im Paragraphen angegeben, zu bestimmen und zu beschränken. So wird dadurch eine bestimmte Eigenheit in der Art zu perenniren bei vielen Pflanzen bezeichnet, die gewiss einen eigenen Ausdruck verdient. Am leichtesten ist die Entwickelung des Rhizoms an keimenden Spargelflanzen zu verfolgen. Die Systematiker werden mir freilich einwenden, dass sie mit solchen Unterscheidungen bei ihren trocknen Pflanzen nichts anfangen können. Ich kann ihnen nicht helfen. Der Gegenstand unserer Wissenschaft ist die lebendige Pflanze, nicht das Heu, welches wir als kläglichen Nothbehelf in unsern Löschpapieren aufbewahren, und ein lebendiges wissenschaftliches Princip, wie es die Entwickelungsgeschichte ist, kann allein der Botanik einen Werth geben. Wohl mag es Manche geben, denen die Botanik nichts ist als die Wissenschaft vom Herbarium; mit denen habe ich überall nicht zu verkehren. Ob die von mir aufgestellte Definition von Rhizom überall anwendbar ist, wird nach einer Behauptung von *Wydler** allerdings wieder zweifelhaft, indem bei *Adoxa moschatellina* die pri-

* Botanische Zeitung 1844. Sp. 657.

märe Achse selbst horizontal unter dem Boden fortwachsen soll. Ich glaube aber die Sache verdient noch nähere Untersuchung.

---

d. *Von der Structur der Axengebilde.*

§. 128.

Jede Axe besteht in ihrem ersten Auftreten wie alle Pflanzentheile allein aus Zellgewebe; in diesem bilden sich erst allmälig die Gefässbündel und zwar als geschlossene und ungeschlossene (vgl. §. 26.) Dies ist allen Phanerogamen gemeinschaftlich. Mir ist (ausser *Wolffia Hork*)* keine phanerogame Pflanze ohne Gefässbündel (wenn schon ohne Gefässe, vgl. S. 180) bekannt.

Daneben bilden sich bei verschiedenen Pflanzen nach verschiedener Anordnung noch Bastzellen (S. 181) aus, bald als Bündel, bald als geschlossener Ring, bald einzeln im Parenchym zerstreut, Mittelformen zwischen Bast und Parenchym (S. 182) bald einzeln, bald als Bündel; Milchsaftgefässe (S. 182) und Behälter eigner Säfte (§. 24.), Spiralfaserzellen und poröse Zellen (§. 18.) in Gruppen oder zerstreut; endlich Luftcanäle und Luftlücken (§. 24.), erstere häufig regelmässig angeordnet, besonders bei Wasser- und Sumpfpflanzen, letztere meist die Axe der Stengelglieder einnehmend, z. B. Gräser, Umbelliferen u. s. w. Jede Axe ist anfänglich mit Epidermis oder Epiblema (§. 29.) bedeckt, je nach dem Medium, in welchem sie vegetirt. Hier bilden sich dann auch häufig alle Anhängsel des Epidermoidalgewebes, namentlich Drüsen, Haare u. s. w. und Korksubstanz (S. 194). Die daraus hervorgehenden Verschiedenheiten, sind so mannigfaltig, dass sie bis jetzt noch schwer oder gar nicht eine allgemeine Behandlung zulassen; wichtiger und allgemeiner zu behandeln sind die Verschiedenheiten, die aus der verschiedenen Anordnung und Natur der Gefässbündel hervorgehen. Alle Gefässbündel sind gewöhnlich von einander durch Parenchyma getrennt; seltner bilden sie einen völlig geschlossenen Kreis. Die getrennten sind aber entweder in einen einzigen Kreis gestellt (die meisten Dicotyledonen), oder im Parenchyma zerstreut. Die letzern bilden wieder im Ganzen einen Kreis, der wie die vorigen eine bestimmte Portion Zellgewebe (Mark) im Centrum einschliesst (z. B. die meisten Gräser, viele Umbelliferen, Nyctagineen, Chenopodeen, Amarantaceen), oder eine solche Ordnung zeigt sich nicht (rohrartige Palmen, Gräser mit dichten Stengeln). Der letztere Unterschied kommt mir sehr unwichtig vor, da er in einer und derselben Familie bei nah verwandten Pflanzen variirt, z. B. bei Mais (durch das ganze Parenchym zerstreute Gefässbündel) und *Phalaris* (zerstreute Gefässbündel, die ein Mark umschliessen). Ueberall da, wo die Anordnung der Gefässbündel eine solche Grenze zwischen Eingeschlossenem und Ausgeschlossenem andeutet, nennt man das Innere Mark *(medulla)*, das Aeussere Rinde *(cortex)*. Das Zellgewebe zwischen den Gefässbündeln, welches Mark und Rinde in Verbindung setzt, nennt man grosse Markstrahlen. Bei den einfachsten Pflanzen kommt nur ein centrales Gefässbündel vor, oder ein ähnlicher ganz geschlossener Ring langgestreckter (Gefässbündel-) Zellen wie bei den Moosen, welcher aber im Centrum wieder Parenchym einschliesst (z. B. *Ceratophyllum*). Bei flachen Stengeln, z. B. *Spirodela, Ruscus*, liegen auch die Gefässbündel

---

* *Wolffia Michelii* (*mihi*) = *Lemna arrhiza* (*Micheli*). *W. Delili* (*mihi*) = *Lemna hyalina* (*Delile*).

in einer Fläche (auf dem Querschnitt in einer Linie). Beide haben also nur Rinde und kein Mark.

Die Rinde besteht ausser der Epidermis aus Zellgewebe, in welchem man im Allgemeinen nur ein gleichförmiges Parenchym, zuweilen besonders an perennirenden Axen aber zwei Lagen unterscheiden kann; 1) die äussere, welche aus langgestreckten Zellen mit dicken, aber fast gelatinösen, meist porösen Wänden besteht, deren Grenzen oft gar nicht zu unterscheiden sind, deren Zwischenräume mit Intercellularsubstanz erfüllt sind, und 2) die innere Lage, welche meist aus rundlichem, dünnwandigem, lockerem Parenchym gebildet ist. In der letzten kommen allein Saftbehälter, Milchgefässe, besondere Zellenformen mit besonderem Inhalt vor, in ersterer fast nur Zellen mit homogenen wasserhellen oder roth gefärbten Säften und zuweilen Krystalle enthaltend. Beide Schichten kommen bei den Stämmen, deren Oberhaupt erst sehr spät Kork bildet, meist scharf getrennt vor (z. B. bei den Cacteen), bei andern Stämmen und Stengeln gehen sie oft sehr allmälig ineinander über. Vor den Gefässbündeln in der innern Rindenlage liegen häufig entweder Bastbündel, oder Milchsaft führende Bastbündel, wirkliche Milchsaftgefässe oder Milchsaftgänge. Da diese sich oft gegenseitig einander ausschliessen, oft von allen keine Spur vorhanden ist, kann man den Bast durchaus nicht als wesentlichen Bestandtheil der Rinde (als innerste Rindenlage) nennen, noch fehlerhafter ist es, die Cambialschicht, die bei weitem mehr den Gefässbündeln angehört, als innerste Rindenschicht zu bezeichnen.

Bei den Stämmen bildet die Epidermis früher oder später Korksubstanz, die entweder allmälig in Lagen abgesondert wird wie anfänglich bei der Birke, oft nur allmälig von den Atmosphärilien zerstört wird und daher zum Theil bedeutende Dicke annimmt, wie bei der Eiche, oft aber auch sammt dem äusseren Theil der innern Rindenlage und der äussersten Bastschicht abgeworfen wird und sich nicht wieder erzeugt. Im letztern Falle bilden sich alljährlich neue Bast- und innere Rindenschichten, aber mit eigenthümlicher dem Korkgewebe ähnlicher Zellenform, und es werden ebenso alljährlich die äusseren abgeworfen, wie z. B. beim Weinstock.

Das Mark endlich besteht gewöhnlich nur aus Parenchym, was im spätern Alter dickwandig und porös wird. Oft enthält es auch einzelne verästelte Blattzellen (*Rhizophora Mangle*), Milchsaftgefässe, Behälter eigenthümlicher Säfte u. s. w.

Die Gefässbündel entstehen nach dem Zellgewebe in derselben Ordnung, wie dieses, oder vielmehr so wie sich allmälig nacheinander das Zellgewebe bildet, geht stets auch allmälig ein Theil desselben in Gefässbündelgewebe über. Die Richtung der Gefässbündel hängt also ganz von der Richtung der bildenden Thätigkeit ab. Demzufolge bildet auch für den Verlauf der Gefässbündel der im §. 125. ausgeführte Unterschied von entwickelten und unentwickelten Stengelgliedern die Hauptgrundlage. Bei ersteren, wo der Bildungsprocess von Unten nach Oben gleichsam in Horizontalscheiben fortschreitet, sind auch die Gefässbündel gerade, der Axe des Stengelgliedes ziemlich parallel, z. B. *Tradescandia*, *Tropaeolum*, wo dagegen sich in dem Terminaltriebe gleichsam ein Kegelmantel auf den andern setzt, erhalten die Gefässbündel bei ihrer ersten Bildung einen Verlauf von der Basis des Kegelmantels bis an seine Spitze, also vom Umfang des Stengelgliedes bis an seine Axe, und nachher, wie sich neue Stengelglieder aufsetzen, bilden die Gefässbündel des ersten Kegelmantels sich durch die folgenden fort wieder bis zum Umfang, wo sie in die Blätter oder Knospen eintreten. Sie machen also einen nach Innen convexen Bo-

gen, dessen Länge und Convexität von der Form der Terminalknospe abhängt. Sehr convex ist der Bogen z. B. bei *Yucca*, *Mamillaria*, gestreckter bei den Palmen, *Dracaena*, *Iris*. Da alle neuen Theile in der Axe immer ausserhalb der primären Gefässbündel sich bilden, sei es nun die Verdickung der alten Gefässbündel bei Dicotyledonen, oder die Anlage neuer Gefässbündel bei Monocotyledonen, so müssen die ältern und tiefer an der Axe nach der Peripherie zu Blättern und Knospen verlaufenden Gefässbündel nothwendig sich mit den jüngern, höher in die Axe hinaufsteigenden Gefässbündeln oder deren Fortbildungsmassen, die nach Aussen von ihnen entstanden sind, kreuzen. Am deutlichsten ist das Verhältniss natürlich da, wo geschlossene Gefässbündel sind, indess sieht man auch deutlich genug, wie bei *Mamillaria*, *Melocactus* die zu untern Blattbasen gehenden Gefässbündel aus dem innersten Theile der Holzmasse kommend quer vor allen später entstandenen Theilen bogenförmig vorbeilaufen.

Da wo ein Blatt abgeht, pflegen sich bei Dicotyledonen immer, bei Monocotyledonen wenigstens undeutlicher, oft gar nicht, mehrere benachbarte Gefässbündel aneinander zu legen und eine Schlinge *(ansa)* zu bilden, aus deren Umfang die Gefässbündel für das Blatt und die Axillarknospen abgehen.

Aus den ungeschlossenen Gefässbündeln der Dicotyledonen bildet sich bei längerer Dauer das Holz. Die zwischen ihnen neu entstehenden Zellen, die den Markstrahlenzellen entsprechen, werden wieder Parenchym- oder Markstrahlenzellen, denn diese durch die Ausdehnung der Gefässbündel von den Seiten zusammengedrückt weichen in ihrer Form etwas von den gewöhnlichen Parenchymzellen ab. Aber es bleiben auch ausserdem oft eine oder einige Zellen Parenchymzellen und beginnen so mitten im Holz Markstrahlen (kleine Markstrahlen genannt), die zuweilen lange fortgebildet werden, zuweilen nach einiger Zeit wieder aufhören. Das Holz wächst gewöhnlich nicht fortwährend gleichförmig an; insbesondere da, wo wegen klimatischer Verhältnisse jedes Jahr ein Wechsel zwichen ruhender und wiederbelebter Vegetation eintritt, bilden sich im Anfang der Vegetationsperiode mehr Gefässe, am Ende mehr und stärker in ihren Wänden verdickte und engere Holzzellen. Dadurch entsteht eine Abtheilung des Holzes in mehr oder weniger concentrische hohle Cylinder, oder auf dem Querschnitt Ringe, die man J a h r e s r i n g e nennt.

Bei den Dicotyledonen, deren Gefässbündel in mehrern Kreisen stehen, schliessen sich die Gefässbündel durch ihre allmälige Entwickelung nach und nach aneinander und bilden eine dichte Holzmasse, in der aber dann die einzelnen verticalen Stränge des den einzelnen Gefässbündeln zugehörigen Cambium verlaufen, was dem Holz ein eignes Ansehen giebt, z. B. sehr schön bei den *Pisonia*-Arten zu beobachten.

Für die Zusammensetzung der Axe aus den einzelnen Formen der Elementartheile und Gewebe lässt sich wenig Allgemeines angeben; alle Formen kommen im Stengel vor und vorzugsweise oder ausschliesslich finden sich gewisse Formen oder Combinationen nur bei einzelnen Pflanzengruppen. So charakterisiren sich die Labiaten durch einen vierkantigen Stengel, dessen Kanten von vier Streifen scharf charakterisirter äusserer Rindensubstanz eingenommen sind. Die meisten Euphorbiaceen haben Milchgefässe, so wie alle Asclepiadeen und Apocyneen die ihnen eigne Mittelform zwischen Milchsaftgefässen und Bastzellen. *Nepenthes* zeichnet sich durch langgestreckte Spiralzellen aus, die in allen Theilen des Stammes zerstreut in grosser Menge vorkommen. Die Trennung von Mark und Rinde ist, wie die unzähligen Zwischenstufen zeigen, für die Pflanze im Allgemeinen nichts Wesentliches. Mark und

Rinde gehen stetig ineinander über. Dass man nur bei Dicotyledonen von Markstrahlen spricht, ist blosse Inconsequenz, das Zellgewebe zwischen den Gefässbündeln der Monocotyledonen ist so gut Markstrahl wie zwischen den Gefässbündeln der Dicotyledonen, und eben so wenig in seinen Zellenformen verändert, als bei denjenigen Dicotyledonen, deren Gefässbündel sehr weit von einander entfernt sind. Uebrigens nehmen die Zellen bei sehr gedrängten Gefässbündeln namentlich in den äusseren Stammpartien der mit einem Cambialkreise versehenen Monocotyledonen auch ganz die Form und Anordnung der in radiale horizontale Reihen geordneten Markstrahlenzellen der Dicotyledonen an, z. B. im Stamme von *Aletris fragrans*.

Ueber den Bau der Rinde ist auch wenig Allgemeines zu sagen, da nichts durchgreifend ist, als dass Zellgewebe stets die Grundlage bildet. Keine Combination von bestimmten Formen der Elementarorgane ist allen Rinden eigenthümlich, einige sind allerdings so häufig vorhanden, dass es zweckmässig erscheint, hier darauf aufmerksam zu machen. Ich muss aber hier zwischen Monocotyledonen und Dicotyledonen unterscheiden.

a. Monocotyledonen. Mir fehlen in dieser Gruppe eigne Untersuchungen in genügender Zahl, um irgend etwas Bedeutsames über die Structurverhältnisse sagen zu können. So viel ich weiss, besteht die Rinde hier stets ausschliesslich aus Parenchym, welches nach Aussen etwas kürzer, nach Innen etwas länger gestreckt, aussen mehr Chlorophyll führt, welches sich nach Innen allmälig verliert, so dass das Rindenparenchym stetig in das Mark übergeht, wo nicht durch einen völlig geschlossenen Kreis stärker verdickter Parenchymzellen, der einen Gefässbündelkreis verbindet, wie z. B. bei *Pothos*, eine scharfe Grenze gezogen ist. Nach *Mohl** zeigt sich bei den meisten Palmen eine eigne, bald dünnere bald dickere Schicht sehr dickwandiger Parenchymzellen unmittelbar unter der Epidermis. Bei Gräsern und Cyperaceen finden sich unmittelbar unter der Epidermis einzelne Bündel Bastzellen. Ueber ihnen pflegen die Oberhautzellen dünnwandiger zu bleiben, während sie da, wo Parenchym unter ihnen liegt, ausserordentlich dickwandig werden, z. B. bei *Papyrus antiquorum*.

b. Dicotyledonen. 1. Einjährige Rinde. Bei dieser kann man ausser der Oberhaut drei Theile der Rinde unterscheiden, die aber keineswegs etwas Wesentliches und Charakteristisches der Rinde sind, welche sehr häufig nur aus Parenchym besteht, das höchstens nach Aussen allmälig in ein der äussern Rindenlage ähnliches Gewebe übergeht. Diese drei Theile sind äussere, innere Rindenlage und Bastlage.

Von der letztern ist gar häufig nicht die geringste Spur vorhanden, z. B. bei *Cheiranthus Cheiri*, einigen *Solanum-*, den meisten *Ribes-*Arten, *Hedera* (?), *Viburnum Lantana*, *Mesembryanthemum*, den meisten Crassulaceen, Chenopodeen u. s. w. Wo die Bastlage vorhanden ist, besteht sie aus vereinzelten Bastzellen (z. B. *Cornus alba*), Bastbündeln (die meisten dicotyledonen Bäume), beide dem Rindenparenchym eingestreut, meist so, dass ihr Lauf dem Laufe der Gefässbündel genau folgt, oder aus einem mehr oder weniger eng geschlossenen Kreise von Bastzellen (z. B. *Syringa*, *Fraxinus*). Mit dem Bast zugleich finden sich zuweilen Milchsaftgefässe oder Milchsaftgänge (z. B. bei *Rhus*). Häufiger treten milchsaftführende Bastzellen (bei Apocineen), oder ächte Milchsaftgefässe (z. B. bei *Ficus Carica*), oder Milchsaftgänge (z. B. *Mamillaria quadrispina*) an der Stelle der Bastzellen auf.

Die mittlere Rindenlage, welche von den Bastzellen und den dieselben vertretenden Theilen eigentlich nur durchzogen wird, besteht aus meist rundlichem, sehr lockerem, gewöhnlich viel Chlorophyll führendem Zellgewebe. Hin und wieder ist es in verticale Reihen geordnet. Häufig sind einzelne Zellen oder Zellenreihen mit Krystalldrusen, mit farbigen Säften, Oelen u. s. w. oder mit unverhältnissmässig stark verdickten Wänden eingestreut. Zuweilen bilden drei oder mehrere Zellen, deren oberste und unterste sich zuspitzen, eigenthümliche spindelförmige Gruppen und enthalten dann meist eigenthümliche Stoffe (z. B. bei *Pinus sylvestris*).

* *De Palmarum structura* §. 12.

Die äussere Rindenlage ist lange Zeit ganz übersehen worden *, gleichwohl scheint sie selten ganz und gar zu fehlen, und tritt bei einer grossen Anzahl Pflanzen und Pflanzengruppen so charakteristisch und scharf geschieden auf, dass sie gleich in die Augen springt. Nur bei wenigen Pflanzen hat man zwar auf sie geachtet, aber als Bastbündel beschrieben, was doch vom Bast sehr verschieden ist. Folgendes sind im Gegensatz zum Rindenparenchym die charakteristischen Merkmale dieses Gewebes. Die Zellen dieser Lage sind stets vertical in die Länge gestreckt, sehr dickwandig, aber weich und insofern den Bastzellen ähnlich; aber stets mit horizontalen Wänden auf einander gesetzt, selten über $\frac{1}{200}$ Zoll lang. Fast immer zeigen sie grössere oder kleinere Poren, die oft in der dicken Wandung deutliche, selbst zierlich verästelte Canäle bilden, sie führen wenig oder gar kein Chlorophyll, sondern nur homogene, farblose, seltener roth gefärbte Säfte und hin und wieder Krystalle. Die Zellen sind untereinander stets durch Intercellularsubstanz verbunden, ihre Grenzen daher häufig so verwischt, dass sie wie Löcher in einer gleichförmigen sulzigen Masse erscheinen; ganz besonders zwischen diesen Zellen zeigt sich durch ihre Theilung die Intercellularsubstanz bestimmt als Absonderung der Zellen (vergl. S. 202). Diese Lage tritt bei vielen Pflanzen ganz auffallend entwickelt und scharf vom Rindenparenchym gesondert auf, aber in verschiedener Vertheilung: 1) als völlig geschlossene Schicht (bei einigen nur durch kleine auf Spaltöffnungen zuführende Canäle durchsetzt) bei den meisten Cacteen **, *Melianthus major*, *Euphorbia splendens*, *Syringa vulgaris*, *Begonia argyrostigma*, *Ailanthus glandulosa*, *Rosa*, *Aristolochia Sipho*, *Piper rugosum*, *Cacalia ficoides*, *Cotyledon coccinea*; 2) in mehrere Bündel gesondert, so dass dazwischen das grüne Rindenparenchym die Epidermis erreicht (wo sich dann Spaltöffnungen finden) bei Chenopodeen, Amarantaceen, Malvaceen, Solaneen, Umbelliferen ***, *Justicia*, *Eranthemum* u. s. w.; 3) vollkommen deutlich als besondere Schicht zu erkennen, aber doch schon an der Grenze ins Parenchym übergehend, findet sich diese Lage bei *Carya*, *Pyrus*, *Malus*, *Pavia*, *Hedera*, *Acer*, *Daphne*, *Ptelea*, *Rhus*, *Viburnum*, *Cornus*, *Ficus*, *Sempervivum globiferum et laxum*, *Sedum pallidum*, *Cotyledon arborescens*; 4) noch stetiger ins Rindenparenchym übergehend und daher mehr verwischt zeigt es sich bei *Ribes*, *Alnus*, *Elaeagnus*, *Juglans*, *Populus*, *Salix*, *Carpinus*, *Castanea*, *Corylus*, *Quercus*, *Cytisus*, *Cornus mascula*, *Sambucus*, *Rhamnus*, *Tilia*; 5) endlich fast gar nicht, oder nur in der äussersten Zellenlage wieder zu erkennen fand ich es bei *Cheiranthus*, *Hippophae*, *Mesembryanthemum* und der sogenannten Baumnelke. Im Ganzen scheint die äussere Rindenlage in bestimmter Beziehung zur Korkbildung zu stehen und um so schärfer hervorzutreten, je später diese eintritt (*Cacteae*, *Aristolochia Sipho*, *Cacalia ficoides*), doch findet auch das Gegentheil statt, z. B. bei *Mesembryanthemum*.

2. Perennirende Rinde. Die Fortbildung der Gefässbündel vom Cambium aus ist stets von einer eben solchen Fortbildung der Rinde begleitet, indem sich ein Theil der im Cambium neu erzeugten Zellen nach Innen dem Gefässbündel anschliesst, ein Theil als Cambium zu bilden fortfährt, aber ein dritter Theil sich auch nach Aussen an die alte Rinde anlegt. So bilden sich ähnlich den Jahresringen des Holzes auch bestimmte Rindenlagen in jeder Vegetationsperiode, je nach der Eigenthümlichkeit der primären Rinde, aus blossem Parenchym, aus Bast und Parenchym oder aus abwechselnden Lagen von Parenchym und Bast, oder aus abwechselnden Lagen von reinem Parenchym und solchem, welches durch Bastbündel unterbrochen ist. Dabei wird oft die Bastlage, sowie das Holz dicker wird, auch an seiner innern Seite immer

---

* *Hartig* behauptet, auf dieses Gewebe zuerst aufmerksam gemacht zu haben; da mir die Arbeiten, auf welche er sich beruft, bis jetzt unbekannt geblieben sind, so weiss ich nicht, mit welchem Recht. Ich aber lege überall weniger Werth darauf eine Sache zuerst, als darauf, sie richtig gesehen zu haben.

** Vergl. meine Beiträge zur Physiologie und Anatomie der Cacteen.

*** Die sogenannten Bastbündel unter der Epidermis bei diesen fünf Familien.

breiter, so dass z. B. die Bastbündel auf dem Querschnitt zierliche Keile bilden. Diese neue Rindenbildung ist aber specifisch sehr verschieden, bei einigen Pflanzen rasch und mächtig, z. B. bei der Linde, bei andern sehr langsam und spärlich, z. B. bei der Buche. Hiervon hängt zum Theil die Dicke der Rinde ab, zum Theil von dem Folgenden. Zuweilen schon in der ersten Vegetationsperiode, und dann meist gleichförmig (wie bei den meisten Bäumen), seltner erst später, und dann meist an einzelnen Stellen beginnend und allmälig sich ausbreitend (wie z. B. bei Cacteen, blattlosen Euphorbien) entwickelt sich in der Epidermis das Korkgewebe (vgl. S. 194). Es ist von verschiedener Härte und Dauer. Am öftersten besteht es aus den schon Oben beschriebenen tafelförmigen Zellen, die in abwechselnden Lagen zuweilen verdickt werden, z. B. bei den Cacteen, seltner z. B. bei der Korkeiche, Korkulme, aus Zellen, die radial etwas gestreckt sind. Bei dem letzteren und beim Masholder gewinnt es eine bedeutendere Dicke, wird aber beim letzteren auch leicht durch die Atmosphärilien zerstört. In seiner gewöhnlichen Form dauert es gewöhnlich länger, wird häufig ziemlich dick und bildet die sogenannte Borke der Bäume, z. B. bei *Quercus robur*. Zuweilen bilden sich einzelne Lagen in demselben als leicht zerstörbares Gewebe aus und dann fällt der Kork in horizontalen Bändern, oder specifisch bestimmt geformten Fetzen ab.

Bei einigen Stämmen bilden sich vom Cambium (?) aus mit Rindenparenchym (bei *Ribes*), oder mit Rindenparenchym und Bast wechselnd (beim Wein) neue Schichten eines dem Korkgewebe sehr ähnlichen Parenchyms (von *H. v. Mohl periderma* genannt), ebenfalls leicht zerstörbare Schichten enthaltend, so dass die ganze äussere Rinde abfällt und dann in der Folge ganz wie bei der Korkbildung Schichten von Periderma und Bast successiv abgeworfen werden. (Auffallend z. B. bei *Pinus sylvestris.*) Es fehlen hier aber noch viele Untersuchungen. Die erste genauere Arbeit über diesen Punkt verdanken wir *H. v. Mohl**. Ich suchte die Entstehung der Korkschicht etwas mehr aufzuklären**. Die erste Bildung des Periderma bleibt aber noch dunkel.

Das Mark besteht wesentlich und ganz allgemein aus Parenchym, ohne dass sich in demselben besondere Schichten unterscheiden liessen. Im Alter wird es entweder sehr dickwandig und porös, oder es wird zerstört und bildet dann grosse Luftlücken, z. B. bei vielen Gräsern, Umbelliferen u. s. w. Oft bleiben abwechselnd einzelne festere Schichten von Mark stehen und bilden so eine in horizontal aufeinander gesetzte Kammern abgetheilte Luftlücke, z. B. bei *Juglans regia*. Eingestreut kommen im Mark Spiralzellen, dickwandige poröse Zellen, Zellen mit besondern Säften, Milchsaftgefässe, Luftgänge und selbst (bei *Rhizophora Mangle*) eigenthümliche verästelte Bastzellen vor***. In vielen holzigen Rosaceen finden sich im Mark eigenthümliche senkrechte und horizontale Reihen stark verdickter poröser Zellen u. s. w. Noch sind unzählige Pflanzen ununtersucht.

Einzelheiten liessen sich zwar noch mehrere angeben†, aber ohne dass sich zur Zeit irgend etwas daraus machen lässt.

Nur Gefässbündel finden sich, mit einer Ausnahme, in **jeder** Axe, und deshalb ist ihre Vertheilungsweise und ihre Natur auch fast allein einer allgemeinen Behandlung fähig. Zunächst ist hier ein allgemeiner Unterschied zu erwähnen, der die Natur der Gefässbündel und ihre relative Masse zum Zellgewebe der Axe betrifft. — Entweder sind nämlich die Gefässbündel die überwiegende Masse und dann auch in der Regel ihre Elementartheile stark verdickt, dann hat die Axe eine grössere Festigkeit und heisst holziger Stamm oder Stengel; oder die Gefässbündel sind nur in verhältnissmässig geringer Masse vorhanden, durch grössere Zellgewebsmengen von einander

---

* Ueber Entstehung des Korks und der Borke. Tübingen 1835.

** Ueber Cacteen a. a. O.

*** *Wiegmann's* Archiv Jahrg. V. (1839) Th. I. S. 232.

† Z. B. die merkwürdigen in besondern Zellen liegenden und mit Krystallen besetzten Gallertmassen (?), in der Epidermis bei *Justicia*, in Rinde und Mark zerstreut bei *Eranthemum*.

getrennt und die sie zusammensetzenden Elementartheile grösstentheils und überhaupt mehr dünnwandig, so ist die ganze Masse der Axe weicher, die dünnere schlaff oder doch biegsam und heisst dann fleischiger Stengel oder Stamm; erstere nennt man auch wohl mit überflüssiger terminologischer Weitläufigkeit krautartig. Bei den fleischigen Axen pflegt der Verlauf der Gefässbündel im Allgemeinen viel einfacher und regelmässiger zu sein, was sich selbst bei den verschiedenen Stengelgliedern einer und derselben Axe erkennen lässt (diese können nämlich recht wohl unten holzig oben fleischig sein). Der Unterschied von holziger und fleischiger Axe trifft durchaus nicht mit dem von Stamm und Stengel zusammen. Oft finden sich in einem und demselben Geschlechte Arten mit fleischigem andere mit holzigem Stengel, und oft haben ganze Familien ausschliesslich fleischige Stämme.

Das Wichtigste bleibt hier aber die Anordnung und der Verlauf der Gefässbündel. Im Paragraphen habe ich die allgemeinen Züge angegeben; hier will ich noch etwas specieller auf die Sache eingehen, und zwar indem ich gleich die einzelnen Gruppen trenne. Als allgemeines Resultat meiner sämmtlichen in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen will ich nur noch Folgendes voranstellen, ohne zu behaupten, dass es das letzte Wort in der Sache und Ausdruck eines Naturgesetzes sei:

1. Das Entstehen irgend eines Gefässbündels, so wie die Fortbildung eines vorhandenen setzt ohne Ausnahme das Vorhandensein einer Cambialschicht voraus, wie überhaupt jede Neubildung in und an der Pflanze einen Zellenbildungsprocess voraussetzt. Unter Cambium, Cambialschicht, Bildungsschicht ist nichts anderes zu verstehen, als ein Zellgewebe, welches noch nicht aufgehört hat, neue Zellen zu bilden, im Gegensatz solcher Gewebe, in welchen ein fortgehender Zellenbildungsprocess normal nicht mehr vorhanden ist. Diese lezteren bestehen dann entweder aus lebendigen Parenchymzellen, in welchen durch begünstigende Einflüsse ein solcher Zellenbildungsprocess wieder auf's Neue entstehen kann, z. B. bei der Knospenbildung auf monocotyledonen Blättern u. s. w., oder aus relativ todten stark verholzten Zellen, in welchen ein solcher Neubildungsprocess nie wieder angeregt werden kann, z. B. die älteren Theile eines Gefässbündels, Holz u. s. w.

2. In allen Fällen bilden sich die neuen Zellen in der Cambialschicht, die neuen Gefässbündel oder die Verdickungsmasse älterer Gefässbündel von dem Grunde nach der Spitze der Axe, von dem ältern in das neue Stengelglied und von der Hauptaxe in die Nebenaxen hinein, niemals umgekehrt.

3. Nur bei Gymnospermen, Monocotyledonen und Dicotyledonen kommt eine Cambialschicht im Umfange der Axe vor und wo sie vorhanden ist, bildet sie die Grenze zwischen Rinde und Mark oder Markstrahlenzellgewebe. Bei Monocotyledonen gehört eine solche Cambialschicht zu den Ausnahmen und ist natürlich von den einzelnen stets geschlossenen Gefässbündeln unabhängig, bei Gymnospermen und Dicotyledonen fehlt die Cambialschicht nie und besteht in der Weise, dass das Cambium der einzelnen Gefässbündel des einfachen oder äussersten Kreises zugleich der allgemeinen Cambialschicht angehört und durch die Cambialmassen vor den Markstrahlen eben zu einer continuirlichen Schicht verbunden wird. Ausserdem hat aber auch jedes einzelne nicht hierher gehörige isolirte Gefässbündel sein Cambium.

4. Der Hauptunterschied bleibt bis jetzt der nach der Natur der Gefässbündel, welcher mit den grossen natürlichen Pflanzenabtheilungen übereintrifft. Andere bisher angegebene Unterschiede sind nicht haltbar und beruhen auf mangelhaftem Ueberblick aller vorkommenden Verhältnisse.

5. Alle geschlechtslosen Gymnosporen können wegen mangelnder Cambialschicht nur nach oben hin fortwachsen. Alle Gymnospermen und Dicotyledonen wachsen zugleich in die Dicke und nach oben fort. Die Monocotyledonen dagegen zeigen beide Verhältnisse, bald ausschliessliches Endwachsthum, bald dasselbe in Verbindung mit fortwährender Verdickung. Dadurch wird aber nicht einmal eine Abtheilung unter

den Monocotyledonen selbst begründet, indem beides in einer und derselben Familie sich findet, z. B. bei Liliaceen und bei den verästelten Palmen (?).

I. Geschlechtslose Gymnosporen.

Diese stimmen alle darin überein, dass sie simultane Gefässbündel haben und dass, soviel mir bekannt ist, bei keinem Stamm eine Cambialschicht vorkommt, durch welche derselbe, wenn er einmal angelegt ist, fernerhin verdickt werden könnte. — Ueberhaupt ist der Bau sehr einfach. Lebermoose und Moose haben nur ein einfaches centrales Gefässbündel ohne sogenannte Gefässe. Auch die Lycopodiaceen haben nur ein centrales Gefässbündel, durch die Anordnung der Gefässe gewöhnlich auf dem Querschnitt eine unregelmässig gelappte Figur bildend. Die für die Blätter abgehenden Gefässbündel verlaufen eine Strecke in der Rinde aufwärts, ehe sie ins Blatt eintreten. Ganz abweichend ist der Stamm von *Isoetes* gebaut, bei welchem ein Gefässbündelkreis, unentwickelte Stengelglieder und beständiges successives Absterben von Unten her zusammentreffen; *Mohl* hat darüber genauere Untersuchungen angestellt.

Die Farrnkräuter haben eine äusserst mannigfaltige Stammbildung, bald entwickelte bald unentwickelte Stengelglieder. Bei allen aber findet sich nur ein einfacher Gefässbündelkreis. Die Gefässbündel steigen bei entwickelten Stengelgliedern senkrecht auf und bilden an der Abgangsstelle der Gefässe für die Blätter durch gegenseitige Verbindung Schlingen, von denen diese abgehen. Bei unentwickelten Stengelgliedern steigen sie in Schlangenlinien in die Höhe und bilden so durch abwechselndes Aneinanderlegen und Abweichen längere oder kürzere, schmälere oder breitere Maschen, von deren Rändern sich die Gefässbündel für die Blätter abzweigen. Diese letzteren verlaufen dann nicht selten noch eine Strecke im Marke aufwärts, ehe sie durch die Maschen aus- und in die Blätter eintreten. Genauere anatomische Untersuchungen über den Farrnstamm lieferte *H. v. Mohl*. Eine Entwickelungsgeschichte fehlt leider noch gänzlich.

Die Equisetaceen haben alle entwickelte Stengelglieder und einen einfachen Gefässbündelkreis. Genauere Untersuchungen, insbesondere Entwickelungsgeschichte fehlen zur Zeit noch.

II. Geschlechtspflanzen.

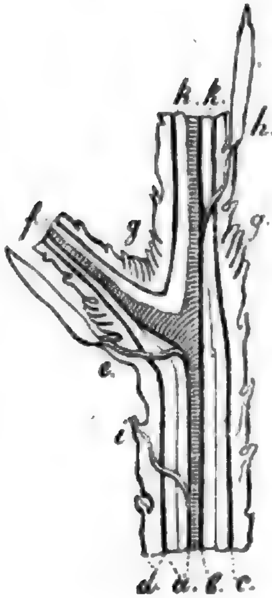
A. Rhizocarpeen.

Diese haben wieder äusserst einfach gebaute Stengel und Stämmchen mit einem centralen Gefässbündel, welches nur wenige schwach entwickelte Gefässe enthält.

B. Gymnospermen.

In dieser ganzen Abtheilung kommen keine Stengel, sondern nur Stämme vor. Die Cycadeen haben nur unentwickelte, die Coniferen und Loranthaceen nur entwickelte Stengelglieder. Bei allen ist unter der Rinde an der Aussenseite des einfachen Gefässbündelkreises eine Cambialschicht vorhanden, die Stämme sind daher fähig sich fortwährend zu verdicken, die Gefässbündel sind ungeschlossen. Bei den Coniferen findet sich ein Gefässbündelkreis (Markscheide der ältern Bot.) ein Mark umgebend, welcher schon im ersten Jahre zum Holzcylinder sich zusammenschliesst (150 *h k*). Die den Gefässbündeln entsprechenden Holzportionen verlaufen ganz senkrecht und lassen nur ganz schmale Spalten für den Austritt der vom innern Theil der Gefässbündel sich abzweigenden Bündelchen, welche schräge das Holz durchsetzen und dann eine Strecke in der Rinde aufwärts steigen, ehe sie in die Blätter übergehen (150, *h i*). Deutlicher noch werden die Verhältnisse durch den beigegebenen Durchschnitt eines Stammstückes von der Fichte. Der Anordnung nach scheinen die Loranthaceen von den Coniferen nicht abzuweichen.

Bei *Cycas revoluta* ist ebenfalls ein einfacher Gefässbündelkreis vorhanden, von



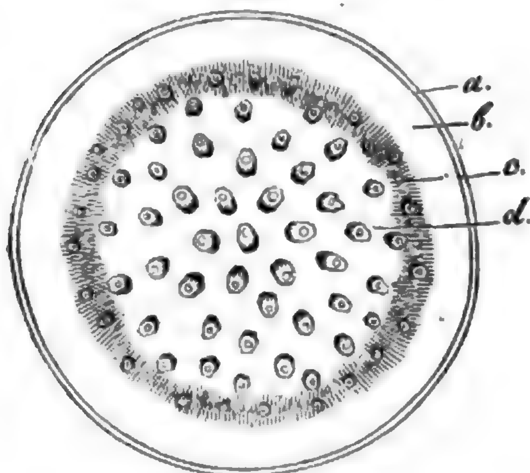
seinen innersten Theilen verlaufen die Gefässbündel für die seitlichen Theile durch längliche Maschen, welche durch das abwechselnde Voneinanderweichen und Zusammenschliessen der in Wellenlinien aufsteigenden Gefässbündel gebildet sind, nach aussen in die Rinde mit einem leichten nach Innen und Oben convexen Bogen; diese Gefässbündel gehen aber nicht unmittelbar in die Blätter oder Blattschuppen über; sondern setzen erst parallel mit der Peripherie horizontal verlaufende Gefässbündelbogen zusammen, aus welchen erst die für die Blätter bestimmten Gefässbündel sich abzweigen. Mir erlaubte indess das höchst unbedeutende Material, welches mir zu Gebote stand, nicht, genauere Untersuchungen darüber anzustellen.

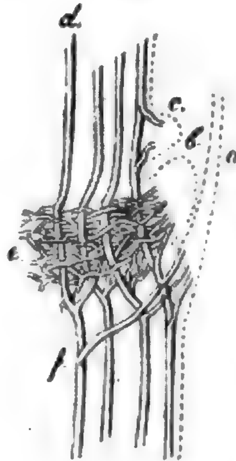
C. Monocotyledonen.

Die einfachsten Pflanzen dieser Abtheilung haben gar keine Gefässbündel, nämlich *Wolffia*; die nächsten Verwandten unter den Lemnaceen haben zuerst bestimmte Andeutungen, bei *Spirodela* selbst mit Spiralgefässen, aber wie der flache Stengel es mit sich bringt, auch in einer Fläche vertheilt. Viele Najaden, z. B. *Najas*, *Zanichellia*, *Ruppia* haben nur ein centrales Gefässbündel. Bei den übrigen finden sich folgende Verschiedenheiten.

1. Entwickelte Stengelglieder.

Stengel und Stämme haben stets mehrere Kreise von Gefässbündeln (151 *d*), die zuweilen ein Mark einschliessen, indem ein Gefässbündelkreis durch einen Kreis verdickten Parenchyms verbunden ist. Dieser ist oft der äusserste (gewöhnlich) (151 *c*), oft ein mittlerer (*Pothos*). In den Knoten läuft ein Theil des Gefässbündels zum Blatt, ein Theil steigt in das folgende Stengelglied hinauf (152 *d*). Von allen durch den Knoten laufenden Gefässbündeln gehen kleine Zweige ab, die ein wirres Geflecht im Knoten bilden, welches grösstentheils in die Axillarknospe übergeht (152 *e*). Die





150. *Abies excelsa*. Spitze eines Baumes im Längsschnitt, im untern Theile zweijährig, über dem Seitenaste aber einjährig *a* Holz in zwei Jahresportionen (Jahresringe) getheilt. *b* Markscheide, d. h. ältester Theil des ersten Jahresringes oder ursprüngliches Gefässbündel. Zwischen *a* und *b* Mark (querschattirt). *c* Cambialschicht. *d* Rinde. *f* Seitenast. *e* Stützblatt, aus dessen Achsel der Seitenast entsprang. *g g* Reste der Knospendecken rechts für die Terminalknospe des vorletzten Jahres allein, links für diese und für die Axillarknospe, aus welcher der Ast entstanden ist. *h* Blatt am einjährigen Theil des Stammes mit dem dahin anlaufenden Gefässbündel. *i* Blattbasis am zweijährigen Theil des Stammes mit dazu gehörigem Gefässbündel. k k einjähriges Holz.

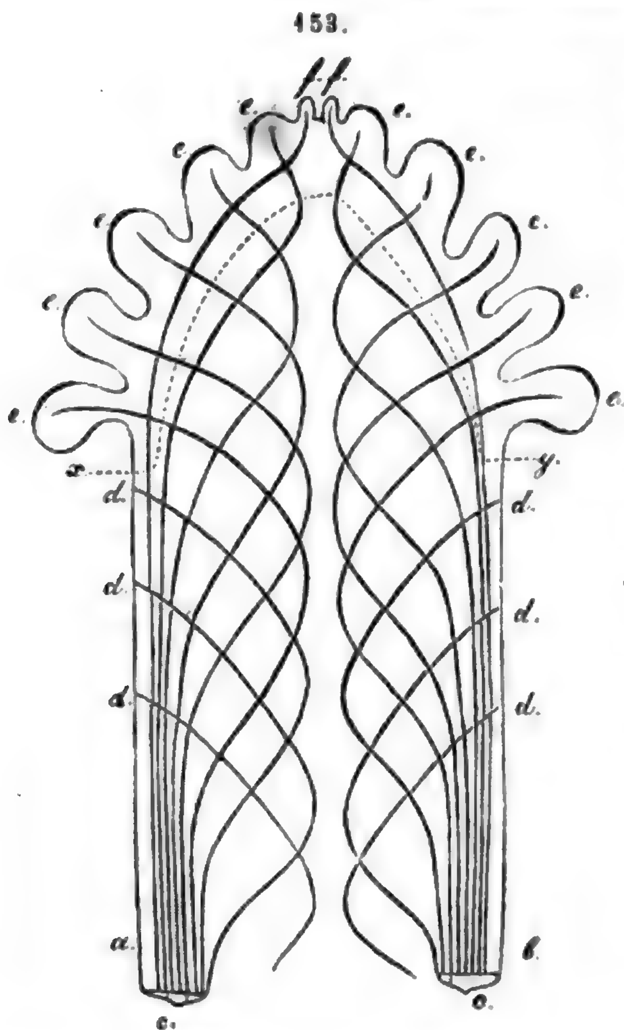
151. *Ruscus aculeatus*. Querschnitt des Stengels. *a* Oberhaut. *b* Rinde. *c* Kreis verdickter Zellen, durch welche die äussersten Gefässbündel zu einer zusammenhängenden Zone verbunden werden und so Mark und Rinde trennen. *d* Im Mark zerstreute Gefässbündel.

152. *Zea Mays*. Nat. Grösse. Macerirter Längsschnitt aus einem Theil des Stengels. *a* Blatt. *b* Axillarknospe. *c* Nebenwurzel. *d* Gefässbündel in ihrem Verlauf von Unten nach Oben. Sie geben einen Ast zum Blatte, einen andern oder mehrere zum Knotengeflecht (*e*) und zur Knospe (*b*) ab.

innersten Gefässbündel geben im Knoten einen Theil zu den untersten Blättern ab, die äusseren zu den oberen, so bei Gräsern, rohrartigen gegliederten Palmen und Commelinaceen. Viele Gruppen sind noch gar nicht genau untersucht. Sämmtliche Gefässbündel eines und desselben Stengelgliedes werden gleichzeitig angelegt und ausgebildet und das Stengelglied, auch wenn es perennirt, verdickt sich fernerhin nicht mehr, die Pflanze mag nun sich verästeln oder nicht. Die primären, wie die secundären Axen wachsen nur nach oben fort, mit einem Worte es fehlt ihnen eine Cambialschicht.

2. Unentwickelte Stengelglieder.

153.

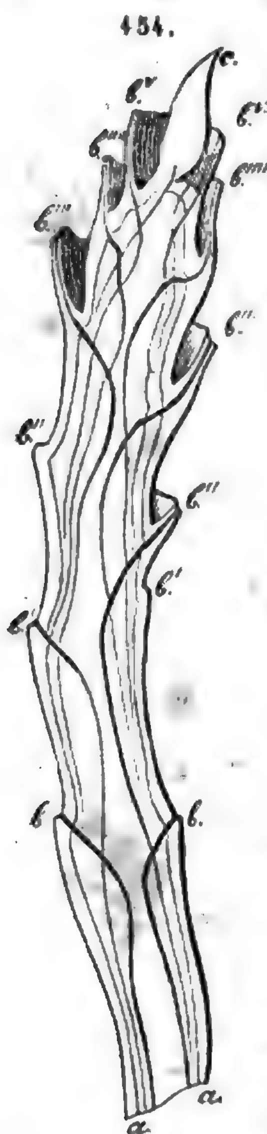


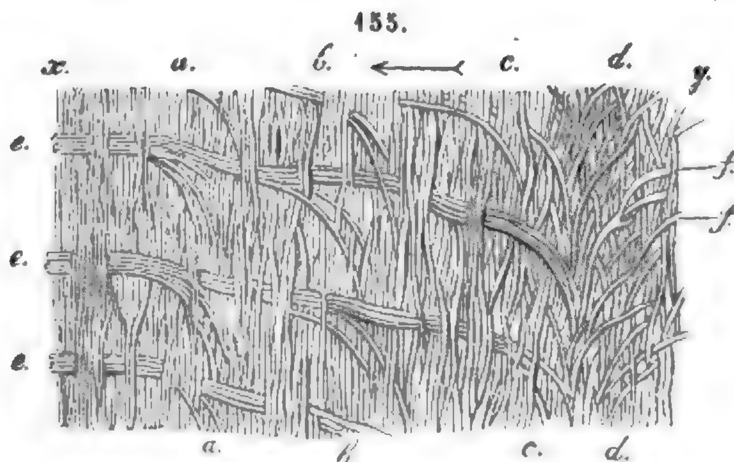
Stengel (z. B. *Pistia obovata*) und Stämme (Palmen, baumartige Liliaceen, Zwiebelstöcke von *Allium*, *Lilium* u. s. w.) haben eine kegelförmige Terminalknospe, bald länger, bald kürzer, demgemäss verlaufen die Gefässbündel von Unten und Aussen nach Oben und Innen, und dann von hier nach Oben und Aussen, um in ein Blatt überzugehen (153 *d* und *e*). Der nach Innen convexe Bogen ist je nach der Länge der Terminalknospe länger oder kürzer, und demnach verläuft auch das Gefässbündel durch einen längeren oder kürzeren Theil der ganzen Axe. Bei den ausgewachsenen Stämmen der Palmen erreicht trotz der Länge des Bogens kein Gefässbündel, das mit den oberen Blättern zusammenhängt, die Basis des Stammes. Im einfachsten Falle sind die Gefässbündel sämmtlich isolirt, häufiger verbinden sie sich durch Zwischenäste, seltner von Innen nach Aussen, aber häufig seitlich miteinander. Dadurch sowohl, wie durch einen mehr oder weniger langen senkrechten Verlauf der Gefässbündel, ehe sie den Bogen machen, wird der äussere Theil des Stammes aus einem dichtern Cylinder von Gefässbündeln gebildet (153 *c c*), während der innere Theil, nur aus den stets mehr isolirten Bogen und reichlicherem Zellgewebe zusammengesetzt, viel lockerer erscheint. So einfach, wie man sich den Verlauf der Gefässbündel bei den Monocotyledonen nach *H. v. Mohl's* Arbeiten* darüber vorzustellen gewohnt ist, wird derselbe in der That wohl selten sein, doch aber gewährt die Darstellung *H. v. Mohl's* für die hier erwähnten Fälle die einfachste und klarste Anschauung und giebt

153. Schematische Darstellung des Gefässbündelverlaufs im monocotyledonen Stamme mit unentwickelten Stengelgliedern und rundlich kegelförmiger Terminalknospe. *a—b* Unterer völlig ausgebildeter Theil des Stammes. *c c* Aeussere festere Portion des Stammes durch den gedrängten Verlauf der Gefässbündel. *d d d* Gefässbündel bis zu den Narben abgestorbener Blätter bogenförmig verlaufend. *e e e e e* Blätter der Knospe in der Reihenfolge ihrer Ausbildung mit den dazu gehörigen Gefässbündeln. *f f* Die jüngstentstandenen Blätter. Alles, was die Linie *x — y* nach oben vom Stamme abschneidet, ist mit dem Blattpaare *f f* zugleich entstanden.

* *De Palmarum structura.*

den Typus, auf welchen alle hierher gehörenden Bildungen zurückzuführen sind. Zuweilen zeigt sich aber auch in der That der Verlauf ganz so rein, wie ihn das Schema angiebt, so z. B. im unterirdischen Stamme von *Iris chinensis* (154). Die einzelnen Gefässbündel, insbesondere soweit sie den Bogen bilden, verlaufen keineswegs immer in einer und derselben verticalen Ebene, sondern ihr Austritt weicht oft um 50° und mehr des Stamm-Umfanges seitlich von der Verticale ihres Ursprungs ab, wie namentlich an *Yucca gloriosa* sehr leicht zu beobachten ist. Am auffallendsten scheint mir von dem einfachen Typus der Stamm von *Xanthorhea australis* (155) abzuweichen.





Hier nehmen die Fascikel von Gefässbündeln, welche zu den Blättern austreten (*e e e*) offenbar einen dreifachen Ursprung aus drei verschiedenen Zonen des Stammes (*a a b b c c*). Ganz im Innern kommt noch ein Geflecht von Gefässbündeln vor, deren Verlauf mir dunkel blieb, weil das in meinen Besitz gekommene Stück nicht hinreichte, ihn zu verfolgen. Es schien mir aber, dass die Gefässbündel *f f* noch nicht ganz die Mitte des Stammes erreicht hätten. Wenigstens wird dies genügen, um begünstigtere Forscher auf diesen auffallenden Bau aufmerksam zu machen und immerhin eine bessere Vorstellung davon zu geben als die elenden Sudeleien *Gaudichaud's* (a. a. O. Taf. X. Fig. 10 bis 15). Vielleicht wird am Ersten die Entwickelungsgeschichte von *Aletris fragrans* hierüber Aufschluss geben, ein älterer Stamm (von beiläufig 4″, 25‴ Par. Durchmesser) besteht aus zwei Theilen, dem primären Stamm (von etwa 7‴ Par. Durchm.), in welchem die Gefässbündel den gewöhnlichen bogenförmigen Verlauf zeigen, und einer äusseren viel dichteren aus der Cambialschicht allmälig gebildeten Zone. Die von Innen zu den Blattnarben gehenden Gefässbündel durchsetzen diese äussere Schicht in völlig horizontaler Richtung. Die äussere Schicht theilt sich aber selbst noch wieder in vier Zonen, welche auf dem Querschnitt den Schein von Jahres-

154. *Iris chinensis*. Nat. Grösse. Längsschnitt durch den unterirdischen Stamm. *a a* Rindenschicht, *b b′ b″* 3 Blattnarben, *b‴ b⁗ b^v* Reste dreier abgeschnittener Blätter, nebst den zu allen 6 Blättern verlaufenden Gefässbündeln. *c* Jüngstes Blatt noch im Knospenzustande; rechts an demselben die Terminalknospe als kaum merkliche Erhebung an deren rechtem Abhange sich das folgende Blatt bilden wird.

155. *Xanthorhea australis*. Nat. Grösse. Längsschnitt ohngefähr durch die halbe Dicke (*x—y*) eines Stammstückes. Der Pfeil zeigt die Richtung von Innen nach Aussen an. Durch Präpariren ist der Verlauf der einzelnen Gefässbündel sorgfältiger blossgelegt. *a b c* Die drei Regionen des äussern Stammtheiles, welche Gefässbündel für die zu den Blättern verlaufenden Stränge *e e e* abgeben. *d* Innerer lockerer Theil des Stammes mit sehr unregelmässig verlaufenden Gefässbündeln, von denen namentlich der Verlauf von solchen wie *f f*, die da, wo sie in der Zeichnung aufhören, die Mitte des Stammes noch nicht erreicht haben, am räthselhaftesten erscheinen.

ringen hervorrufen. Die drei äussern davon sind zusammen ungefähr so dick, als die vierte innere. Sie unterscheiden sich dadurch, dass in den äussern die Fasern nicht senkrecht, sondern schief, also in einer Spirale um die Axe und zwar links gewunden aufsteigen, in der zweiten eben so, aber rechts gewunden, in der dritten wieder links gewunden und endlich in der vierten allmälig horizontal werdend. Beiläufig will ich nur noch bemerken, dass während das Parenchym in dem primären Stamme in senkrechten Reihen geordnet ist, es zwischen den äussern Gefässbündeln nach Art der Markstrahlen in horizontalen Reihen geordnet erscheint.

Hierbei tritt aber eine wesentliche Verschiedenheit ein, je nachdem sich die Bildungsschicht auf die Terminalknospe (oberhalb der Linie x y im Holzschnitt 153) beschränkt oder eine continuirliche Schicht im ganzen Umfange des Stammes unterhalb der dadurch eben begrenzten Rinde sich befindet. Das letztere ist bei den gesetzmässig sich verästelnden Stämmen, z. B. bei Dracaenen, Aloineen, Aroideen, das erstere bei gesetzmässig einfachen Stämmen der Fall, z. B. bei Tulipaceen, Palmen mit unentwickelten Stengelgliedern. Schöne Untersuchungen hierüber mit sorgfältigen Angaben früherer Beobachtungen finden sich auch bei *Unger* (Ueber Bau und Wachsthum des Dicotyledonenstammes. Petersburg 1840. S. 34 ff.).

Endlich muss ich hier noch der seltsamen Stammbildung bei den tropischen Orchideen erwähnen. Ein grosser Theil derselben, namentlich diejenigen, denen man gewöhnlich Knollen zuschreibt, haben (gewöhnlich verästelte) nicht eben dicke Stämme mit verkürzten Stengelgliedern. Diejenigen Aeste aber, welche zur Blüthe kommen, bilden eine eigene Form, welche man bisher Knolle genannt hat. Entweder schwillt ein mittleres Stengelglied des blüthentragenden Astes zu einer unverhältnissmässigen Masse von höchst verschiedener Gestalt an oder sämmtliche untere Stengelglieder des Astes bilden eine längere oder kürzere, dünnere oder dickere fleischige Masse. Bei beiden, zum Beispiel bei *Epidendron cochleatum* und *Bletia Tankervilliae*, lässt sich der gesetzmässige Verlauf der Gefässbündel recht wohl beobachten, bei der letztern Pflanze aber (ich weiss nicht, ob bei allen ähnlich gebauten) findet sich ein eigenthümliches Gefässsystem, welches für die neuen Seitenknospen bestimmt ist. Von den äussersten Gefässbündeln gehen kleine Aeste ab, die aber unter der Rinde horizontal von beiden Seiten her bis zur Knospe zusammenlaufen. Schneidet man daher einen solchen Stamm senkrecht durch, so findet man jedem Stengelgliede entsprechend unter der Rinde eine quer durchschnittene auffallend grosse Gruppe von Gefässbündeln. Leider geht es mit den Orchideen wie mit den Cacteen. Es ist schwer, genügendes Material für Anatomie und besonders für Entwickelungsgeschichte zu erhalten.

D. Dicotyledonen.

I. Stengel.

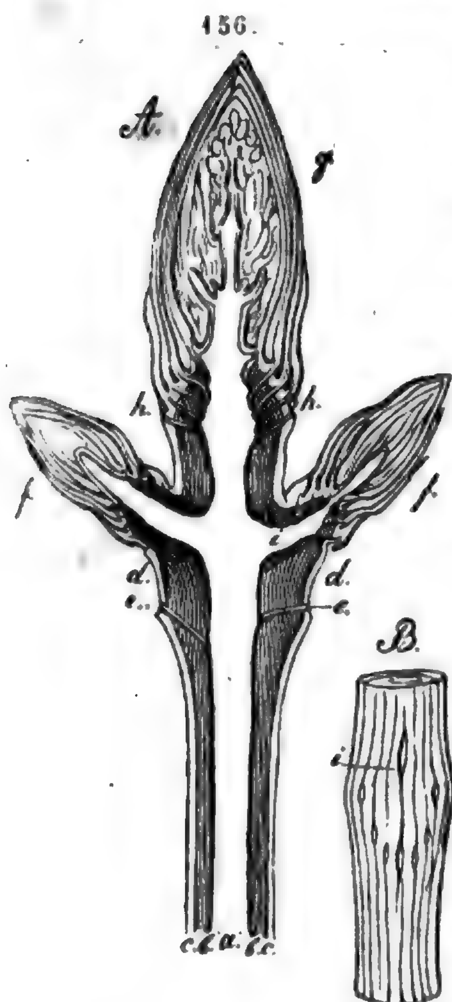
Die Stengel zeigen häufig gar keine wesentliche Verschiedenheit von den Monocotyledonen, indem der Unterschied der ungeschlossenen Gefässbündel oft in einem Jahre gar nicht bemerklich wird. Nur schliessen sich gewöhnlich schon im ersten Jahre die Gefässbündel bei einfachem Kreise und die äussern bei mehreren Kreisen zu einem Ringe zusammen, so dass die die einzelnen Bündel trennenden Parenchymmassen zu Markstrahlen zusammengedrückt werden. Meistens verlaufen die Gefässbündel von Unten nach Oben in geraden, parallelen Linien. Sie bilden da, wo das Blatt abgeht, eine Schlinge, von deren Rande die Gefässbündel für das Blatt und die Axillarknospe abgehen, durch deren Oeffnung das Mark der Knospe mit dem Mark des Stammes in Verbindung steht, z. B. bei *Tropaeolum*. Die für Blätter und Knospen abgehenden Gefässbündel trennen sich von dieser Schlinge gewöhnlich gleich da, wo sie ins Blatt treten. Zuweilen aber verlaufen sie erst eine längere Strecke durch

das Parenchym des Markes oder der Rinde (Amarantaceen und Chenopodeen)*. Beim vollständigen Knoten bilden sich selten Gefässbündelverschlingungen quer durch den Stamm, in der Regel erscheint hier nur das Parenchym derber und dichter. Es fehlt hier im Ganzen noch sehr an genauen Untersuchungen, insbesondere gänzlich an Untersuchungen des einjährigen Stengels mit unentwickelten Stengelgliedern.

II. Stämme.

1. Entwickelte Stengelglieder.

A. *Mit einfachem Gefässbündelkreis.*



Hier verlaufen die Gefässbündel sehr selten parallel, sondern gewöhnlich in Schlangenlinien, indem sie abwechselnd sich aneinander legen und von einander entfernen; die dadurch entstehenden Maschen werden von den Markstrahlen ausgefüllt. Wo Bastbündel vor den Gefässbündeln liegen, folgen diese demselben Lauf**. Grosse und kleine Markstrahlen und Jahresringe bilden sich auf die angegebene Weise. Wo ein Blatt ist, bildet sich eine grössere oder mehrere kleinere Schlingen (156, B), aus deren Umfang die Gefässbündel für Blatt und Axillarknospe, aus deren Oeffnung das Parenchym für die Knospe abgehen. Die Gefässbündel jedes neu entstehenden Stengelgliedes stehen in unmittelbarem Zusammenhang und sind unmittelbare Fortsetzungen des fortbildungsfähigen Theils der Gefässbündel der vorherigen Stengelglieder, und so bildet das Cambium der Gefässbündel durch Stamm und Aeste der ganzen Pflanze ein continuirliches Netz. Indem sich die Gefässbündel des Stammes und die damit in Verbindung stehenden einer Axillarknospe, die zum Aste auswächst, fortentwickeln, wird nach und nach die Basis dieses Astes immer mehr von neugebildetem Holz überdeckt. So stellt sich hier dasselbe Verhältniss her wie bei den Monocotyledonen: ein unterer Seitenast kreuzt alle die zu den oberen Theilen gehenden Holzschichten. Der Unterschied ist nur, dass es bei den Dicotyledonen die

156. *Aesculus Hippocastanum*. Nat. Grösse. *A* Längsschnitt durch ein Zweigende längere Zeit vor dem Aufbrechen der Knospen. *a* Mark. *b* Holz. *c* Rinde. *d d* Narbe der obersten vorjährigen Blätter. *e e* Gefässbündel dieser Blätter. *f f* Axillarknospen dieser Blätter mit den Knospendecken und den zu diesen verlaufenden Gefässbündeln. *g* Terminalknospe des Zweiges, mit einer Blüthenrispe endigend. *h h* Narben der untersten schon abgefallenen Knospendecken und ihre schon sichtbaren Axillarknospen. Etwas darüber die noch geschlossenen Knospendecken nebst ihren Gefässbündeln. *i* Markmasse, welche in die Axillarknospe eintritt. *B* Tieferer Theil eines Zweiges in der Gegend einer Blattnarbe und einer (abgeschnittenen) Axillarknospe auf der dem Beschauer zugewendeten Seite von der Rinde entblösst. *i* Spalte zwischen den Holzportionen für den Durchtritt des Markes in die Knospe. Unter dieser Spalte stehen 7 andere beinahe im Halbkreis zum Austritt der für das Blatt bestimmten Gefässbündel.

* Schöne Untersuchungen über diesen letzten Punkt findet man in *Unger* über den Bau etc. des Dicotyledonenstammes. Petersburg 1840.

** Sie bilden so am Stamm das zierliche Netz, welches von *Daphne Laghetto* (*Palo di Laghetto, Lacebark tree, bois de dentelle*) früher den Westindischen Schönen als natürlicher Spitzenschleier diente.

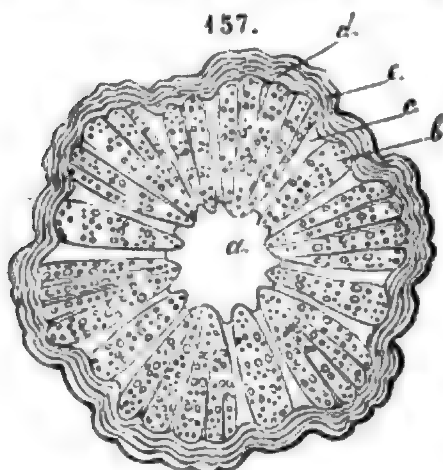
Portionen einer continuirlichen Masse der sich fortentwickelnden Gefässbündel, bei den Monocotyledonen discrete Theile, die neuen Gefässbündel, sind. — Das Holz ist sehr verschieden. (Vergl. S. 176.)

B. *Mit mehreren concentrischen Gefässbündelkreisen.*

So viel mir bekannt, kommt dies Verhältniss nur bei *Piper* (?) und *Pisonia*, vielleicht auch bei einigen Crassulaceen, namentlich *Crassula* vor. Die einzelnen Gefässbündel wachsen hier fort und schliessen sich zuletzt zu einer festen Holzmasse zusammen; es bleibt aber jedem sein Cambium und zugleich eine kleine Portion nicht völlich verdrängten Parenchyms, so ist es wenigstens sicher bei *Pisonia*. Damit scheint ein alter Stamm von *Crassula* (?), den ich einst untersuchte, Aehnlichkeit zu haben. Hier bestand das Holz ganz aus Holzzellen. In dieser Masse zeigten sich zerstreut viele einzelne verticale Stränge von Parenchym und in jedem derselben zwei bis drei Spiralgefässe. Alle die hier berührten Verhältnisse bedürfen noch eines genauen Studiums der Entwickelungsgeschichte.

C. *Stämme der Schlingpflanzen.*

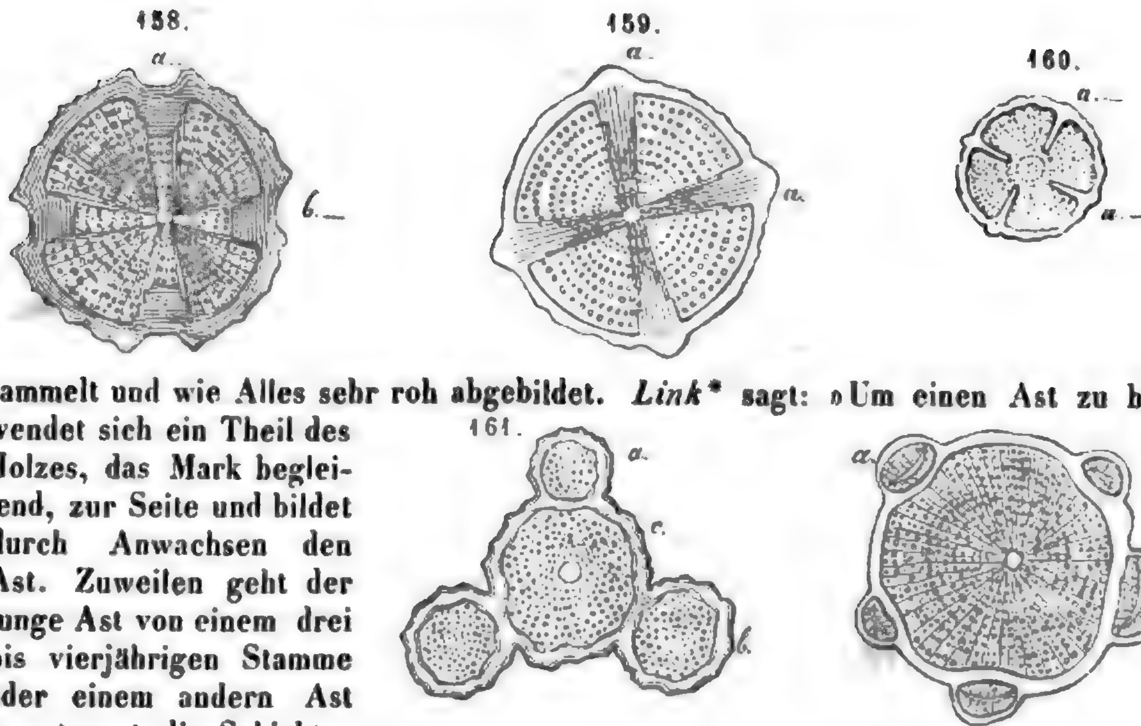
Eine eigenthümliche, lange unverstandene Bildung zeigen die Stämme vieler tropischen Schlingpflanzen (*Lianen*, *Lianos*). Schon bei den einheimischen findet man einige Andeutungen dafür. Im ersten Jahre zeigen die meisten gar nichts Auffallendes, wenn man nicht den auch sonst vorkommenden kantigen Stengel dahin rechnen will; man findet bei ihnen einen einfachen Gefässbündelkreis, der sich gegen Ende der ersten Vegetationsperiode zu einem ganz gewöhnlichen Holzcylinder zusammenschliesst. In den folgenden Jahren aber tritt die Eigenthümlichkeit immer mehr und mehr hervor, die darin besteht, dass das Holz nicht gleichförmig im ganzen Umfange nach Aussen fortgebildet wird, sondern an bestimmten Stellen oft regelmässig oft phantastisch irregulär sich zu erweitern aufhört und an seiner Statt die Rindensubstanz Platz greifen lässt. — Dadurch erhält man Stämme, welche auf dem Querschnitt ihr Holz auf die mannigfachste Weise vertheilt zeigen. Die erste Andeutung dazu finden wir bei den einheimischen stammbildenden *Clematis*-Arten (157) in den auffallend breiten und regelmässig gestellten grossen Markstrahlen (*e*) und in den sechs schmälern Holzportionen (*b*), welche viel weniger weit nach Aussen fortgebildet sind, als die sechs breiteren (*d*). Hieran schliessen sich zunächst die Bignoniaceen.



Nachdem das Holz eine Zeitlang sich regelmässig fortgebildet hat, hört es an vier Stellen auf zu wachsen (158—160 *a.*), so dass an diesen Stellen die Rinde nicht mehr nach Aussen geschoben wird und bei weiterer Fortbildung des Holzes an den übrigen Stellen auf dem Querschnitt des Stammes vier dickere oder dünnere Scheidewände zwischen den vier Holzportionen bildet. Bei einigen Arten wird diese Rindenmasse mit jedem Jahresringe um ein Bestimmtes an beiden Seiten breiter, so dass sie herausgelöst an beiden Seiten eine scharf geschnittene Treppe bildet (159); bei einer andern Art bildet sie nur vier ganz schmale, gleich dicke und vom Holz (in Folge des Austrocknens) ganz gesonderte Plättchen (160). *Gaudichaud** hat diese Stämme ge-

157. *Clematis Vitalba.* Querschnitt des Stammes. *a* Mark. *b* kleinere Holzbündel. *c* Grosse Markstrahlen. *d* Grössere Holzbündel. *e* Rinde.

* A. a. O. Taf. XVIII. Fig. 4—10. *Bignonia capreolata* soll nach ihm dieselbe Erscheinung zeigen und ist in einigen botanischen Gärten vorhanden. Eine Entwickelungsgeschichte dieser Eigenthümlichkeit wäre sehr zu wünschen.



sammelt und wie Alles sehr roh abgebildet. *Link** sagt: »Um einen Ast zu bilden, wendet sich ein Theil des Holzes, das Mark begleitend, zur Seite und bildet durch Anwachsen den Ast. Zuweilen geht der junge Ast von einem drei bis vierjährigen Stamme oder einem andern Ast aus, trennt die Schichten und erscheint so auf der Oberfläche. Man sieht ihn dann wie einen Keil in dem Holz des alten Astes, der nach Verschiedenheit der Aeste kleiner oder grösser ist. Stehen die Knoten im Kreuz« (wie können denn Knoten im Kreuz stehen?), »so sieht man auch vier Keile einander gegenüber. Sehr grosse Keile dieser Art findet man in den Stämmen der Bignoniaceen aus Rio Janeiro, wie ich solche vor mir habe.« Meint hier *Link*

158. 159. 160. Querschnitte von Stämmen aus den Familien der Bignoniaceen. Nat. Grösse. Bei *a* sieht man die keilförmig ins Holz hineintretenden Rindenportionen.

158. Die vier einspringenden Portionen *a b* sind schon mit blossem Auge als Rinde deutlich zu erkennen. Sie bestehen aus Parenchym und concentrisch geordneten Bündeln stark verdickter goldgelber Bastzellen. Das Holz zeigt keine Jahresringe. Die Markstrahlen sind in den Holzkeilen, welche gleichsam die Fortsetzung der einspringenden Rindenportionen bilden, zwar vorhanden, aber auffallend weniger deutlich. Das Holz enthält ausser den Holzzellen auch etwas parenchymatisches Zellgewebe.

159. Das Gewebe der von der Rinde aus treppenförmig einspringenden Keile *a a* ist höchst wunderbar. Es hat deutliche Markstrahlen, die sich von ihm bis zum Mark fortsetzen, während sie im übrigen Holz sehr undeutlich sind. Zwischen den Markstrahlen finden sich Bündel sehr dickwandiger und dicht poröser parenchymatischer Zellen (ähnlich manchen Bastzellen, z. B. bei *Cereus*) und eine grosse Menge sehr weiter äusserst dünnwandiger und kaum erkennbar poröser Zellen, deren sehr steil ansteigende Querscheidewände auffallend deutliche Netzfasern und in den Zwischenräumen derselben eine sehr dicht mit feinen Poren besetzte Membran zeigen.

160. Die einspringenden schmalen Rindenstücke *a a* bestehen hier aus wenig Zellgewebe und überwiegend vielem Bast. Jahresringe sind im Holz nicht deutlich vorhanden. Das Holz besteht zum grösseren Theile aus Parenchym mit nur dünnen Bündelchen von Holzzellen.

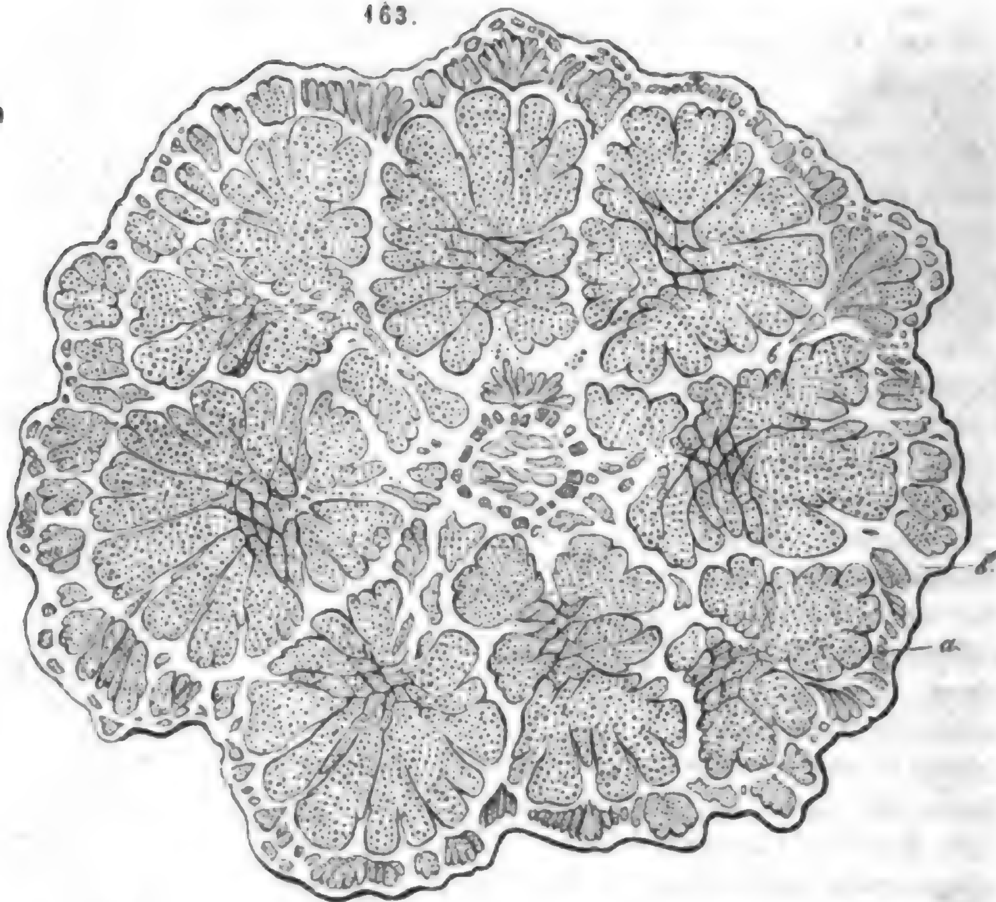
161. 162. Querschnitte von Stämmen aus der Familie der Sapindaceen. Nat. Grösse. *a b* Durch Rinde vom Hauptstamme (*c*) völlig abgesonderte Holzportionen, bei 161 sind diese durch und durch homogen, bei 162 dagegen radial um ein zwischen Mark und Markstrahlenzellen die Mitte haltendes Zellgewebe geordnet.

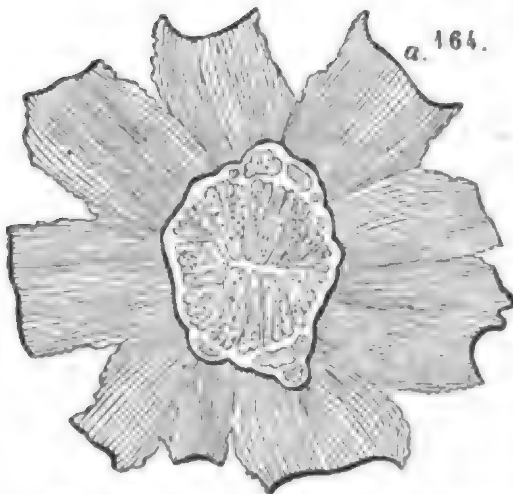
161. Im Centraltheile wie in den peripherischen drei Holzportionen fehlen die Jahresringe und die Markstrahlen sind wenig auffallend und verlaufen in wellenförmig gebogenen Linien. Die peripherischen Portionen haben Punkte (bei einer nach aussen excentrisch liegend), von welchen die Markstrahlen ausgehen, aber ohne Spur von Mark.

162. Auch hier sind die halbmondförmigen Zeichnungen in den fünf peripherischen Holzportionen die Stellen, von denen die deutlichen Markstrahlen ausgehen, aber diese Stellen bestehen nicht aus Markzellgewebe, indem die lineare Anordnung der Holzzellen sich durch sie hindurch fortsetzt und selbst mitten drin poröse Röhren vorkommen. Die Linien, in welchen die Holzzellen liegen, machen aber beim Eintritt und Austritt in die halbmondförmige Zeichnung einen kleinen Bogen und so entsteht dieselbe als bloss optische Erscheinung.

---

* *Elem. phil. bot. Ed. II. Bd. I. p.* 273.





die erwähnten von *Gaudichaud* herstammenden Stammstücke, so ist das nur ein Beweis trauriger Oberflächlichkeit. Noch auffallender erscheint der Querschnitt vieler Schlingpflanzen aus der Familie der Sapindaceen. Dem flüchtigen Blick bieten sich hier Holzcylinder von Rinde umgeben dar, an welche andere Stämme oder Aeste mit ihrer Rinde angewachsen (161, 162) sind. Dem genauen Beobachter widerlegt sich aber diese Ansicht sogleich durch den Mangel des Markes in den äusseren Holzportionen. Eigenthümlich ist hier insbesondere noch, dass, wie aus einem von *Gaudichaud's* bunten Bilderchen hervorgeht, diese Trennung des Holzes nicht durch die ganze Länge des Stammes gleichförmig fortläuft, sondern stellenweise (an den Knoten?) die Holzportionen theilweise ineinander übergehen (wieder zusammenschliessen), während die Trennung in einer andern Vertheilungsweise Platz greift. Endlich die wunderbarsten Erscheinungen bieten die Familien der

163. *Bauhinia spec.* Querschnitt eines Stammes $^2/_3$ der nat. Grösse. *a* Holzportionen zum Theil mit auffallend grossen porösen Röhren. *b* Rindensubstanz. *c* Durch weissliche Farbe sich auszeichnende Bündel ächten Holzes mit radialen geraden Markstrahlen in einfachen Kreis gestellt. Die Hauptmasse bilden 8 grössere Holzportionen, auf deren Querschnitt die Figur eines japanischen Fächers mehr oder weniger ähnlich und mit einem fast immer unterscheidbaren dickeren Stiel von Rindenparenchym und ebenfalls im Innern mit zarten netzförmig verbundenen Streifen von Rindensubstanz durchzogen erscheint. — Mit Ausnahme des Holzbündelkreises *(c)* besteht das übrige Holz zum grossen Theile in Parenchym und die Markstrahlen verlaufen wellig gebogen. Das Rindengewebe enthält bis ganz ins Innerste des Stammes Bastzellen und Bastbündel. Die Holzbündel *(c)* verlaufen nicht senkrecht, sondern seitlich schräge, indess ist der in meinem Besitze befindliche Querschnitt nur etwa eine Linie dick.

164. *Aristolochia biloba.* Querschnitt des Stammes. *a* Bedeutend entwickelter tiefrissiger Kork. (Etwa viermal vergr.)

Aristolochieen (164), Asclepiadeen, Malpighiaceen und die Bauhinien (163) dar, bei denen die Holzmasse auf dem Querschnitt auf die seltsamste Weise durch Rindensubstanz getrennt, in verschiedene Portionen getheilt und oft zierlich gelappt erscheint. Einen grossen Theil dieser abweichenden Stammbildungen hat *Gaudichaud* von seinen Reisen mitgebracht und in seinem oberflächlichen Buche grösstentheils höchst liederlich abgebildet. — Einen bessern Gebrauch hat *A. de Jussieu* von diesem Material gemacht, indem er in seine Monographie der Malpighiaceen eine höchst ausgezeichnete Untersuchung über die Lianen eingeschaltet hat, in welcher er durch geistreiche Benutzung auch des wenigen, was ihm für die Entwickelungsgeschichte zu Gebote stand, diese Seltsamkeiten wenigstens auf den allgemeinen Typus der Dicotyledonen zurückgeführt hat. Gleichwohl wäre eine gründliche Bearbeitung der Entwickelungsgeschichte dieser Bildungen noch sehr zu wünschen, wird aber wohl für die nächste Zeit so leicht keinem Botaniker zu Gebote stehen. — Ich übergehe hier noch einige abnorme Verhältnisse, wie zum Beispiel die von *Wallich* (*plant. asiaticae rariores*) beschriebene *Phytocrene*, weil ich aus Mangel an Material doch nichts Bedeutendes darüber sagen könnte und ich nun einmal das in den Tag hinein Rathen für eine entschieden verwerfliche Weise in der Botanik ansehe.

Als allgemeine Eigenheit in der Holzstructur aller Schlingpflanzen kann man, wie es scheint, noch die bedeutende Weite der porösen Röhren des Holzes anführen. Diese haben auch auffallend grosse Poren, die (was mir sonst bei Gefässen noch nicht vorgekommen ist) selbst verästelte Canäle bilden, wie besonders bei *Bauhinia* schön sich zeigt.

2. Unentwickelte Stengelglieder.

Diese sind bei den Dicotyledonen fast noch gar nicht untersucht. Die meisten bleiben ohnehin sehr kurz, weil sie ebenso rasch von Unten absterben, als sie nach Oben anwachsen. Sie gehören meist zu den unterirdischen Stengeln und Rhizomen. Die blattlosen Euphorbien, *Carica*, *Theophrasta*, *Nymphaea* und *Nuphar*, sowie viele Cacteen geben treffliches Material. Mir sind bis jetzt keine andern hierher gehörigen Untersuchungen bekannt, als meine eignen noch sehr mangelhaften über Cacteenstämme, insbesondere *Mamillaria*, *Echinocactus* und *Melocactus*. Die Gefässbündel machen anfänglich einen Bogen von starker Krümmung; bei der allmäligen Ausbildung des Markes wird aber dieser Bogen grösstentheils wieder ausgeglichen, und bleibt nur im obern Theile, wo die Gefässbündel zur Blattbasis gehen. Die erste Fortbildungsschicht des Gefässbündels nach Aussen setzt sich über dasselbe hinaus fort, indem sie sich da theilt, wo das primäre Gefässbündel zur Blattbasis abgeht, sich darüber wieder vereinigt, um dann zu einer höhern Blattbasis abzugehen. Die folgende Fortbildungsschicht bildet auf gleiche Weise durch Spaltung und Zusammentreten zwei Maschen, eine für das primäre Gefässbündel, eine für die zur höhern Blattbasis laufende Fortsetzung der ersten Verdickungsschicht, über der sie sich wieder vereinigt und dann ebenfalls in eine Blattbasis übergeht. So setzt sich die Bildung durch den ganzen Stamm fort, der dann ein Holz hat, das ganz regelmässige Maschen zeigt, die durch wechselweises Aneinanderlegen der Gefässbündel gebildet erscheinen und von dem innersten Theile des Holzes her je ein Gefässbündel durch sich austreten lassen. Natürlich findet hier vollständige Kreuzung der zu untern Blättern abgehenden Gefässbündel mit allen später entstandenen Gefässbündelportionen statt, und mit wenig Mühe erhält man Präparate, die nicht viel von dem Bau eines monocotyledonen Stammes mit unentwickelten Stengelgliedern abweichen. Der ganze Bau hat grosse Aehnlichkeit mit dem der baumartigen Farne, wenn man die verschiedene Natur der Gefässbündel und die Dimensionsverschiedenheiten berücksichtigt.

Auch hier zeigt sich manche interessante Verschiedenheit im Bau des Holzes, und besonders ist das ganz aus eigenthümlichen Spiralfaserzellen bestehende Holz der Mamillarien und Melocacten merkwürdig.

Völlig abweichend und unregelmässig scheinen die Stämme der Rhizantheen (Blume) gebaut zu sein; ich kann nichts darüber sagen, da mir keine je zu Gebote gestanden, und verweise auf die gleich anzuführenden Arbeiten von *Unger* und *Göppert*.

Schon *Moldenhawer** machte darauf aufmerksam, dass ein und dasselbe Gefässbündel nicht in seiner ganzen Länge dieselbe Structur beibehält. Im Allgemeinen kann man sagen, dass bei den Monocotyledonen die Gefässbündel nach Unten am einfachsten sind, oft z. B. bei den Palmen geradezu nur aus langgestrecktem Parenchyma (Bast) bestehen, in der Mitte werden sie complicirter, indem sie von Innen nach Aussen fast alle die den verschiedenen Ausdehnungen der Zelle entsprechenden Formen zeigen, nach oben werden sie wieder einfacher, insbesondere wo sie in Blatt oder Aeste übergehen und bestehen häufig nur aus solchen Elementen, die einer bedeutenden Längsdehnung nach Auftreten der Verdickungsschichten entsprechen. Bei den Dicotyledonen scheinen die Gefässbündel unten und in der Mitte ziemlich gleich gebaut zu sein, aber nach oben geht jeder Fortbildungstheil eines ältern Gefässbündels in die Formen des primären Gefassbündels über, oder mit andern Worten, jedes primäre Gefässbündel eines neuen Stengelgliedes erscheint als unmittelbare Fortsetzung nicht des primären Gefässbündels des vorigen Stengelgliedes (welches vielmehr zum Blatte verläuft), sondern von dessen Verdickungsschicht, dessen Elementartheile keiner Ausdehnung in die Länge entsprechen.

Literarisches, Geschichtliches und Kritisches.

Wir besitzen über die Entwickelungsgeschichte der Axengebilde wenig oder gar keine allgemeine, gründliche Arbeiten. Die meisten liefern nur anatomische Untersuchungen des Todten. Ich führe hier als die, so weit sie mir bekannt geworden, fast allein bedeutsamen folgende an:

J. J. P. Moldenhawer, Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. Kiel 1812; eine für ihre Zeit in jeder Beziehung meisterhafte Analyse des Maisstengels.

H. v. Mohl, *De palmarum structura*, *Monachi* (1831).

H. v. Mohl, Untersuchungen über den Mittelstock von *Tamus elephantipes L.* Tübingen (1836).

Unger, Ueber den Bau und das Wachsthum des Dicotyledonen-Stammes. St. Petersburg 1840.

Unger, Beiträge zur Kenntniss der parasitischen Pflanzen. Annal. des Wiener Museum Vol. II. (1841).

Göppert, Ueber den Bau der Balanophoren u. s. w. *Act. Acad. L. C. N. C. Vol. XVIII. Suppl.* (1841).

Göppert, *De coniferarum structura anatomica. Breslau* 1841. Vergl. meine Recension in der Neuen Jenaer Allg. Lit. Zeit. 1842. Nr. 15.

Schleiden, Beiträge zur Anatomie der Cacteen. Aus dem *Mém. de l'acad. Imp. des sc. de St. Petersbourg p. div. sav. VI. Ser. T. IV.* Leipzig, bei Engelmann 1842.

Miquel, Ueber den Bau der Melocacteen (*Linnaea* Bd. 16. [1842] pag. 465.).

Harting, *Bydrage tot de Anatomie der Cactëen (Tydschrifft voor naturlyke Geschiedeniss an Physiologie door van Hoeven en de Vriese. Bd. IX.* 1842.).

A. de Jussieu, *Monographie des Malpighiacées*, *Paris* 1843. Enthält ausgezeichnete Untersuchungen über die Stammbildung bei den Schlingpflanzen.

Nandin, Ueber den Zwiebelstock von *Narcissus pseudonarcissus* in *Annal. des sciences nat.* 1844. *Serie III. T. I. botanique p.* 162—176.

v. Martius, über die Structur des Palmenstammes, Münchn. gel. Anz. 1845.

Viele Einzelheiten, aber ohne leitendes Princip aufgefasst und zusammengestellt,

* *J. J. P. Moldenhawer* Beiträge u. s. w.

findet man bei *Meyen* (Physiologie), bei *Bischoff* (Botanik) und bei *Treviranus* (Physiologie) besonders reiche Literatur.

Das Meiste, was bei einzelnen Schriftstellern gesagt wird, ist gar nicht brauchbar, weil sie entweder gar keine Rücksicht auf die Entwickelungsgeschichte nehmen, oder wenn es geschieht, so obenhin von Wachsen, Anwachsen, Dickerwerden sprechen, ohne zu unterscheiden, ob neue Zellen entstanden sind, entstandene Zellen sich nur ausgedehnt haben, oder in Form und Configuration ihrer Wände nur zu verschiedenen Geweben umgebildet sind.

Zwei Ansichten sind es vorzüglich, welche lange Zeit die Wissenschaft auf schlimme Weise verwirrt haben, wogegen richtige Methode allerdings hätte schützen können, denn beide waren wenigstens zur Zeit und in der Art, wie sie aufgestellt wurden, völlig ungegründete, ohne leitende Maximen gemachte Fictionen, die also wissenschaftliche Klarheit gar nicht hätte annehmen dürfen, geschweige denn, wie geschehen, weitläufige, die ganze Botanik beherrschende Theorien darauf bauen sollen.

Die erste ist die von *Desfontaines* herstammende Phantasie von dem Unterschiede der Monocotyledonen und Dicotyledonen, indem erstere im Centrum der Axe Neues bilden und von Innen anwachsen sollten (*plantae endogeneae*), letztere aber dicht unter der Rinde Holzsubstanz hervorbringen und nach Innen ablegen, also von Aussen anwachsen sollten (*pl. exogeneae*). Begründet war diese ganze Phantasie auf gar nichts als darauf, dass in der monocotyledonen Axe im Centrum die Gefässbündel weitläufiger stehen, also bei den überwiegenden Parenchymmassen die Substanz lokkerer ist. Von einer auch nur oberflächlichen Beobachtung des Wachsthumsprocesses war bei der ganzen Sache gar nicht die Rede; sobald man nun aber gar noch bemerkte, dass die zu untern Blättern abgehenden, also ältern Gefässbündel sich mit den zu obern Blättern abgehenden, also jüngern kreuzten, so konnte man einem Kinde mit drei Strichen begreiflich machen, dass ein Anwachsen der neuen Gefässbündel im Innern eine absolute Unmöglichkeit sei. Nichts destoweniger wurde von *De Candolle* ein herrliches Pflanzensystem auf diese so ganz nichtige und kinderleicht zu widerlegende Phantasie gebaut, die der ausgezeichneten und umsichtigen Untersuchungen von *Mohl* gar nicht einmal bedurfte, um widerlegt zu werden.

Die zweite Ansicht ist die von *Du Petit Thouars*, die nicht minder schlecht begründet war, die, so wie sie von ihm ausgesprochen wurde, durch jede auch nur oberflächliche Beobachtung widerlegt wurde, aber auch in ihrer verfeinerten spätern Ausgabe keineswegs begründet ist und sogar bedeutende, und, wie es scheint, unwiderlegliche Gegengründe gegen sich hat. *Du Petit Thouars* meinte nämlich, alles Anwachsen der Axen in die Dicke geschähe durch die herabsteigenden Wurzeln der Knospen. Eine solche rohe Ansicht bedurfte kaum einer Widerlegung. Dagegen sprach man die Sache später so aus, die noch formlose, aber organisirbare Substanz (das Cambium) werde von den Knospen aus nach Unten allmälig organisirt. Die einzige mögliche Begründung dieser Ansicht, nämlich den Nachweis durch gründliche Untersuchung der Entwickelungsgeschichte sind bis jetzt noch alle Behaupter, den neuesten, *Gaudichaud* a. a. O. eingeschlossen, schuldig geblieben. Schon deshalb ist sie als unbegründet vorläufig bei Seite zu stellen. Aber es macht sich auch dagegen geltend, dass es erstens gar kein Cambium als formlose Flüssigkeit in der Pflanze giebt, wenn man nicht das in Zellen eingeschlossene Cytoblastem so nennen will; dass sich zweitens, soweit bis jetzt Beobachtung reicht, stets Zellen in Zellen bilden, dass dieser Zellenbildungsprocess nach den von mir an Cacteen (a. a. O.) gemachten Beobachtungen von Unten nach Oben fortschreitet; dass drittens sich die Axillarknospe schon in der Terminalknospe bildet, noch ehe die Axe sich verdickt, und dass sich gewiss die Zellen der Knospe von den Gefässbündeln des Stammes abwärts in die Knospe hinein zu Gefässbündeln organisiren, nicht umgekehrt. Mit diesen Bemerkungen scheint mir vorläufig die ganze Ansicht beseitigt, die ohnehin ganz anderer

Stützen bedarf, als *Gaudichaud's* mangelhafte Versuche in Anatomie und Physiologie ihr geben können.

Endlich muss ich hier noch der neusten Ansichten von *Martius* über die Structur des Palmenstammes a. a. O. gedenken. *Martius* behauptet hier, dass die Gefässbündel, deren erste Bildung in der kegelförmigen Terminalknospe er im Ganzen ebenso schildert, wie ich sie schon früher (*Wiegmann's* Archiv 1839, p. 219*) entwickelt habe, nicht nur aufwärts in die Blätter, sondern auch mit ihrem untern Ende abwärts in den Stamm hineinwachsen. Diese Thatsache muss ich nach meinen Untersuchungen ganz entschieden in Abrede stellen. Mir wurde bis jetzt nicht die Gelegenheit lebende Palmen oder von todten mehr als kleine Bruchstücke untersuchen zu können. Ich glaube aber nach dem, was ich gesehen, schliessen zu dürfen, dass die Palmenstämme von denen anderer Monocotyledonen nicht in der Weise wesentlich abweichen, dass man nicht in den Hauptsachen die bei diesen gefundenen Bildungsgesetze auch auf die Palmen übertragen dürfte. Nun findet aber, so weit ich beobachten konnte, ein solcher Wachsthumsprocess bei k e i n e r monocotyledonen Pflanze Statt. Die neuentstandenen Gefässbündel wachsen, meinen Beobachtungen zufolge, stets nur nach oben fort. In der Hervorhebung des Unterschiedes von geschlossenen und ungeschlossenen Gefässbündeln ist zwar *Martius* mir gefolgt, aber meiner Ansicht nach hat er den Unterschied zwischen entwickelten und unentwickelten Stengelgliedern lange nicht scharf genug aufgefasst und insbesondere sich keine ganz klare Vorstellung gebildet über die Eigenheiten des Stammes mit unentwickelten Stengelgliedern und den daraus hervorgehenden Structurverhältnissen. Ferner ist das Wort Fortwachsen eines Gefässbündels von ihm zweideutig gelassen. Soll es heissen, dass sich fertige langgestreckte Zellen zu Gefässbündeln umbilden, so ist damit kein eigentlicher Wachsthumsprocess bezeichnet, das Gefässbündel wäre ja schon erkennbar in seinen Elementen vorhanden, soll es aber heissen, dass die Zellen selbst, aus denen das Gefässbündel besteht, erst später von oben nach unten entständen, so ist das, wie ich glaube, bestimmt unrichtig. Man muss den wesentlichen Unterschied zwischen monocotyledonen Axen mit und ohne Cambialkreis nothwendig festhalten, wenn man diese Gebilde verstehen will. Wo kein Cambium ist, bildet sich auch keine neue Zelle mehr ausser in Knospenpunkten. Wo aber Cambium ist, geht stets alle Bildung und so auch die Bildung neuer Gefässbündel im Stamme nach Oben und nach Aussen vor sich, niemals, so weit ich bis jetzt beobachten konnte, abwärts oder nach Innen. Stets sind die untersten und innersten Zellen die ältesten, nie die obern oder äussern (versteht sich mit Ausschluss der Rinde, der man allein ein endogenes Wachsthum zuschreiben könnte). Ich muss also bestimmt behaupten, dass bei den Palmen wie bei allen Monocotyledonen das untere Ende eines ältern Gefässbündels niemals in ein tieferes Stengelglied hinabreicht, als dasjenige ist, in welchem das untere Ende seiner ersten Anlage entstand.

---

e. *Uebersicht der Axengebilde und Terminologie.*

§. 129.

Nach den in den vorigen Paragraphen abgehandelten Gesichtspunkten scheinen mir nun folgende Unterscheidungen wichtig zu werden.

1. Dauer.

A. Einjährig. Stengel (*caulis*).
Stengelglieder (*internodia*).

a. Nur den Anfang der Vegetationsperiode dauernd, vergängliche (*internodia fugacia*).

* Beiträge zur Botanik. Bd. 1. p. 29.

b. Die ganze Vegetationsperiode dauernd *(int. annua)*.
c. Nur das Ende der Vegetationsperiode dauernd *(int. serotina)*.
B. Perennirend. Stamm *(truncus)*.

2. Stellung zum Boden.

A. Oberirdisch *(epigaeus)*.
B. Unterirdisch *(hypogaeus)*.

3. Form.

A. Entwickelte Stengelglieder *(int. elongata)*.
B. Unentwickelte Stengelglieder *(int. abbreviata)*.
C. Scheibenförmig ausgedehnte Stengelglieder *(int. disciformia)*.
D. Concave Stengelglieder *(int. concava)*.
NB. Steife, spitze, blattlose oder entblätterte Stengelglieder nennt man Dornen *(spinae)*, weiche, sich drehende, und daher um fremde Gegenstände schlingende, Ranken *(cirrhi, capreoli)*.

4. Verschiedene Stengelglieder derselben Axe.

A. Aechte Blätter und Aeste tragende *(caulis* und *truncus)*.
NB. Zuweilen entwickeln sich keine Blätter *(axis aphyllus)*, oder sie fallen bald ab, bei dem *truncus* meist am Ende des ersten Jahres *(axis denudatus)*. Der Stengel kann aus dem Terminaltrieb eines Embryo heranwachsen, wie bei der einfachen Pflanze, oder aus einem Stamm. Einen Stengel aus einem Stamm hervorwachsend könnte man *scapus* nennen, es ist aber ein völlig überflüssiges Wort.
B. Nur Bracteen, Bracteolen und Blüthen tragende, Blüthenstiele *(pedunculi)*; bei zusammengesetztem Blüthenstand heisst das die einzelne Blüthe tragende Stengelglied Blüthenstielchen *(pedicellus)*. *Receptaculum* ist ein bei Synanthereen überflüssiger Ausdruck; einfacher und richtiger ist *pedunculus disciformis, conicus etc.* Ebenso bei *Ficus, pedunculus concavus.*
C. Stengelglieder zwischen Kelch und Pistill. Blumenboden *(torus)*. Z. B. bei einigen Rosaceen, *torus disciformis* (bei *Potentilla*), *t. concavus* (bei *Rosa*).
a. Stengelglieder zwischen Kelch und Staubfäden (z. B. *Rubus*), oder Kelch und Blumenkrone (z. B. *Passiflora*), die Scheibe *(discus)*, z. B. *d. planus* bei *Geum*, *d. tubulosus* bei *Cereus grandiflorus.*
b. Stengelglieder zwischen Blumenkrone und Staubfäden. Staubfädenträger *(androphorum)*, z. B. *a. elongatum* bei *Cleome.*
c. Stengelglieder zwischen Staubfäden und Stempeln, Stempelträger *(gynophorum)*, z. B. *g. conicum* bei *Rubus.*
D. Stengelglieder zwischen Kelch und Saamenknospen als hohle Scheibe die Saamenknospen umschliessend, unterständiger Fruchtknoten *(germen inferum)*, z. B. bei den Synanthereen, Orchideen.
E. Stengelglieder zwischen Staubfäden und Saamenknospen als mit den Rändern zusammengebogene Platten, in deren Höhle die Saamenknospen sich befinden, Stengelpistill *(pistillum cauligenum)*. Bei Liliaceen und Leguminosen (?).
F. Ende der Stengel im Fruchtknoten, a. Saamenträger *(spermophorum)*, b. Saamenknospe *(gemmula)*. (Deren Theile siehe unten bei der Saamenknospe.)

5. Nach den Knoten.

A. Mit unvollständigen Knoten *(caulis, truncus)*.

B. Mit vollständigen Knoten.
  a. Stengel *(culmus)*.
  b. Stamm *(calamus)*.
  NB. Man kann recht zweckmässig diese Unterschiede auch durch einen bestimmten Terminus festhalten, muss dann aber auch den Stengel der Caryophylleen, der meisten Umbelliferen und Labiaten, *culmus*, den Stamm von *Bambusa, Calamus, Piper, Aristolochia* u. s. w. aber auch consequent *calamus* nennen. Uebrigens haben die Ausdrücke *culmus* und *calamus* gar keinen Sinn, denn man könnte nicht anders definiren als ein Stengel, wie er bei den Pflanzen vorkommt, denen man einen solchen Stengel zuschreibt, ersterer nämlich bei einigen Gräsern, letzterer bei einigen Cyperaceen *).

6. Verschiedene Axen der zusammengesetzten Pflanze.

A. Hauptaxe aus der Terminalknospe des Embryo hervorgegangen *(caulis vel truncus primarius)*.
B. Nebenaxe aus Axillar- oder Adventivknospen hervorgegangen *(c. v. tr. secundarius.)*
  NB. Noch in Verbindung mit der Hauptaxe, Ast oder Zweig *(ramus)* genannt.
C. Verästelung der Axe *(ramificatio)*.
  Verästelung des *pedunculus* (*inflorescentia*).
D. Nebenaxe, die unter der Erde fortwächst und nur ihre Nebenaxen über den Boden erhebt, Wurzelstock *(rhizoma)*.
  NB. Für Nebenaxen, die an der Erde liegen, weil sie zu schlaff sind, um sich aufzurichten, hat man noch eigne Ausdrücke, die aber, wie mir scheint, sehr überflüssig sind. *Flagellum, stolo, sarmentum*, Ausläufer, Wurzelsprosse, die bald nach dem Beblättertsein, bald nach der Bewurzelung, bald so, bald so unterschieden werden, und wieder vom *caulis repens, humifusus, prostratus, procumbens, decumbens, sarmentaceus*, und was dergleichen Wortmacherei mehr ist, verschieden sein sollen, und doch durch kein Merkmal sich trennen lassen.
E. Nach Art der Verästelung und Dauer unterscheidet man auch zweckmässig:
  a. Einfache Pflanze, deren Seitenknospen nur Blüthen sind (*herbula*), z. B. *Cuscuta, Myosurus*.
  b. Verästelte Stengel, Kraut (*herba*), z. B. *Anagallis, Veronica verna*.
  c. Mit unterirdischen Stämmen, oberirdischen Stengeln, Staude (*suffrutex*), z. B. *Aconitum Napellus, Paeonia officinalis*.
  d. Von unten auf verästelter Stamm ohne Vorherrschen des Hauptstammes, Busch (*frutex*), z. B. *Prunus spinosa, Juniperus sabina*.
  e. Stamm, dessen untere Aeste bald absterben, der nur eine Krone trägt, Baum (*arbor*), z. B. *Pyrus torminalis, Fagus sylvatica*.
  NB. Zu den Bäumen rechnet man auch die zwar von Unten auf verästelten Stämme, bei denen aber die Hauptaxe überwiegend entwickelt und bis in die Spitze leicht zu verfolgen ist, z. B. *Populus dilatata, Abies excelsa*. Man könnte sie auch als *arbor fruticosa* bezeichnen.

---

* Wie gedankenlos zum Theil die Terminologie gemacht und angewendet wird, zeigt sich nicht sprechender, als wenn man den meisten *Scirpus-*, *Carex*-Arten u. s. w. einen *calamus* zuschreibt, der doch, wenn *scapus* überhaupt einen Sinn hat, durchaus unter diesen Begriff fällt.

C. Blattorgane.

a. Blattorgane im Allgemeinen.

§. 130.

Auch die Blätter (*folia*) kann man eintheilen in einjährige (*folia annua*) und perennirende (*f. perennia*), die ersten wieder in vergängliche (*f. decidua*), die nur im Anfang der Vegetationsperiode leben, jährige Blätter (*f. annua sensu str.*), die die ganze Vegetationsperiode durch leben, und Spätblätter (*f. serotina*), erst am Ende der Vegetationsperiode sich ausbildende Blätter. Mit wenigen Ausnahmen hat jede Pflanze vergängliche Blätter, nämlich die Cotyledonen, und oft auch noch die darauf folgenden. Als Pflanzen ohne Cotyledonen sind bis jetzt mit Sicherheit nur die Orchideen, einige *Cuscuta*-Arten *) und einige Cacteen bekannt. Andere, z. B. die *Rhizantheae*, sind noch nicht genügend untersucht. Die folgenden Blattorgane bis zu den Blüthenstielen fehlen vielen Pflanzen ganz, z. B. allen Cacteen mit Ausnahme von *Peireskia* und einigen *Opuntia*-Arten, bei andern sind sie jährig, z. B. *Alnus*, oder perennirend, z. B. *Pinus*. Die Blüthentheile, als die meist zuletzt sich ausbildenden Blätter fehlen keiner phanerogamen Pflanze.

1. Der allgemeine Charakter aller Blattorgane liegt allein in der Entwickelungsgeschichte, wie schon oben (§. 119.) dargestellt wurde. Es folgt aus dem dort Angeführten, dass sich das Blatt gleichsam aus der Axe hervorschiebt, dass die Spitze sein ältester, die Basis sein jüngster Theil ist. Es folgt ferner daraus, dass die bildende Thätigkeit im Blatte eine beschränkte ist, niemals lange fortdauert, wenn sich der Terminaltrieb durch Auswachsen weiter von ihm entfernt. Endlich zeigt sich durch Beobachtung der Entwickelungsgeschichte noch, dass das Blattorgan als bestimmtes Product der Formenbildung gänzlich von der Axe bestimmt wird, dass der eine Zeitlang darin dauernde Bildungsprocess wohl das Volumen etwas vergrössern und auf die innere Structur von Einfluss sein, niemals aber die angelegte Form umändern kann. So ist also das Blatt die aus der Grundlage der Pflanze, der im Wachsthum und daher morphologisch unbeschränkten Axe, hervorgehende, im Wachsthum und daher morphologisch beschränkte Form; unter diesen Begriff fallen alle Blattorgane und alle Axen sind ausgeschlossen.

Ich glaube nicht, dass es fürs erste möglich sein wird, einen schärferen Ausdruck für die Unterscheidung von Blatt und Axe zu finden, als hier gegeben ist, obwohl ich recht gut fühle, dass er noch weit davon entfernt ist, der allein richtige und völlig genügende zu sein; aber es ist auch hier noch ein bei Weitem tieferes Eindringen in die Entwickelungsgeschichte nothwendig, als bisher erreicht worden ist und zu erreichen war (vergl. Kupfertafel II. Fig. 1—11). Erst dann wird hier ein Fortschritt möglich sein, wenn wir den ganzen Bildungsprocess des Blattes in die Bildungsgeschichte seiner einzelnen Zellen aufgelöst haben, was als die schwierigste Aufgabe in der ganzen Botanik wohl noch längere Zeit ungelöst stehen bleiben wird. Gleichwohl ist nicht zu leugnen, dass die Unterscheidung von Blatt und Axe die einzige wissenschaftliche Grundlage für die ganze Morphologie der Phanerogamen bildet. Das hätte man allerdings besser begreifen sollen, seit mit *Goethe's* Metamorphose der Pflanzen eine Ahnung der morphologischen Einheit des Bildungsgesetzes auftauchte, und doch ist wenig für die scharfe und wissenschaftliche Auffassung gethan. Wie schon bemerkt, ist Mangel an philosophischer, insbesondere logischer Vorbildung der Grund dieser Erscheinung, indem man nicht bemerkte, dass die unklaren Schemata

---

* Bei *Cuscuta monogyna* z. B. hat der Embryo deutliche Blattorgane. *C. americana, arvensis, congesta, epilinum, epithymum, europaea, nitida, umbrosa* haben keine Spur davon.

der productiven Einbildungskraft erst auf inductorischem Wege zu definirten Begriffen erhoben werden mussten, wenn sie überhaupt wissenschaftlicher Behandlung fähig sein sollten. Wie wenig unsere Lehrbücher einer solchen Aufgabe genügen, ist schon bemerkt. Hier noch ein Beispiel. *Link** sagt: »Ein Blatt ist, sagt *Joachim Junge*, was sich von der Stelle, wo es sich befindet, in die Höhe oder in die Länge und Breite ausdehnt und dessen Grenzen der dritten Dimension von einander verschieden sind, d. i. innere und äussere Fläche des Blattes. Die Definition bezeichnet vortrefflich alle blattartigen Theile.« Dass diese angeblich vortreffliche Definition durchaus nicht auf die Blüthentheile (doch auch blattartige Theile) passt, ist klar, aber sie passt auch auf keine Fichtennadel, kein *Mesembryanthemum-*, *Sedum-*, *Opuntia*-Blatt, nicht auf die scariösen Nebenblätter der Paronychieen u. s. w. Weiter sagt *Link*: »Das Hauptkennzeichen der Blätter ist die Stelle unter den Knospen. Jeder wahre aus einer Knospe« (doch nur aus einer Axillarknospe) »entstandene Ast ist immer von einem Blatte unterstützt. . . . Aber nicht alle Blätter unterstützen Aeste.« Woher weiss denn *Link*, dass dies Blätter sind, wenn ihnen das Hauptkennzeichen des Blattes abgeht? So wird keine Wissenschaft gefördert, sondern nur haltungsloses Hin- und Herreden stereotypirt.

II. Sowie das Blatt aus der Axe hervortritt, ist es kegelförmiges Zäpfchen, dessen Basis nach und nach den ganzen Umfang der Axe einnimmt, stengelumfassendes Blatt (*f. amplexicaule*), oder sich mit einem oder mehrern andern, auf gleicher Höhe an der Axe mit ihm entstandenen Blättern in den Umfang der Axe theilt, wirtelständige Blätter (*f. verticillata*), oder endlich sich auf einen geringen Theil des Umfangs beschränkt, ohne dass auf gleicher Höhe mit ihm noch ein Blatt an der Axe entstände, zerstreute Blätter (*f. sparsa*). Diese drei verschiedenen Stellungen der Blätter an der Axe sind ohne alle Frage, als ursprünglich, an der Pflanze vorhanden. Diese erste finden wir beim Keimblatt der Monocotyledonen, die zweite bei den Keimblättern der Dicotyledonen. Sehen wir aber bei den Monocotyledonen von dem Merkmal des Stengelumfassens ab, indem wir allein festhalten, dass auf einer Höhe des Stengels sich nur ein Blatt bildet, verfolgen wir die fernere Entwickelung der monocotyledonen Blätter und die der meisten Dicotyledonen, indem nur bei wenigen Gruppen der letzteren auch die spätern Blätter als wirtelständig gebildet werden, so haben wir den überwiegenden grössten Theil der Pflanzen mit zerstreuten Blättern. Denkt man sich jede Pflanzenaxe als einen Cylinder, so müssen sich die Blattbasen durch eine Spirallinie verbinden lassen. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich, dass dann die Abstände der Blattbasen auf dieser Spirale nicht gesetzlos sind, sondern eine gewisse Regelmässigkeit beobachten, und zwar ist der Winkel (Divergenzwinkel), den zwei Flächen durch die Mitte der Axe und die Basen zweier nächster Blätter gelegt miteinander machen, welcher Winkel also den Abstand dieser Blätter von einander misst, im Mittel $137^0\ 30'\ 28''$, also eine zum Umfange des Stengels (360^0) irrationale Zahl, so dass nie zwei Blätter genau in derselben Verticale übereinander liegen können. Im Verlauf der ganzen Axe ändern sich aber beständig gesetzmässig, zuweilen auch durch zufällige Einflüsse veranlasst, die Abstände der Windungen der Spirale, und daraus ergiebt sich bei dem einfachsten Grundverhältniss eine endlose Mannigfaltigkeit der Erscheinungsweise, wenn noch die verschiedene Form der Axengebilde hinzukommt. Man vergleiche nur die Blattrosette von *Sempervivum tectorum*, den Stengel von *Lilium Martagon*, einen Zweig von *Populus dilatata*, einen Zapfen von *Abies excelsa* und den

* *Elem. phil. bot. Ed. II. T. I p.* 410.

Fruchtstand von *Helianthus annuus*, welche letztere durch ihre Früchte, die aus Axillarknospen entstanden, auch die regelmässige Stellung der Blätter zeigen.

Die Lehre von der Blattstellung hat in neuerer Zeit so viele tüchtige Bearbeiter beschäftigt, dass es wohl nicht an Talent und angewandtem Fleiss liegt, wenn die Resultate, die gewonnen wurden, bis jetzt noch so wenig befriedigend und so wenig gesichert sind. Vielmehr haben wir den Grund einmal in der unrichtigen Methode und zweitens in unserer noch so mangelhaften Kenntniss von der Natur der Pflanze überhaupt und insbesondere der Gesetze ihrer morphologischen Entwickelung zu suchen. In erster Beziehung ist auch hier zu bemerken, dass man sich allein an die Beobachtung und Untersuchung des vereinzelt dastehenden Zustandes der entwickelten Pflanze gehalten hat, wo das Fehlschlagen einzelner Theile die Gesetzmässigkeit der Anlage so häufig schon gestört hat und zugleich die Anerkennung dieser Thatsache der Phantasie die Thore öffnet, um da, wo sich die Erscheinungen nicht gleich einer ersonnenen Hypothese fügen wollen, sie durch supponirten Abort für dieselbe zuzustutzen. Zwei sehr entgegengesetzte Wege sind bis jetzt eingeschlagen, der erste von den Deutschen *Schimper* und *Braun*, der andere von Franzosen, den Gebrüdern *Bravais*. *Schimper* und *Braun* beobachteten eine zahllose Menge von Fällen, suchten durch möglichst genaue Messungen eine Reihe von Resultaten zu erhalten, die sie einer Induction zu Grunde legten und glaubten so zu finden, dass sich bei der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen als Grundlage der Blattstellung Spiralen zeigen, und dass die Divergenzwinkel rationale Theile des Umfangs nach der Bruchreihe $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{2}{5}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{13}$ $\frac{8}{21}$ . . . seien, deren Gesetz gleich in die Augen fällt, indem jedes folgende Glied dadurch entsteht, dass man die Zähler und die Nenner der beiden vorhergehenden Glieder zusammen addirt. Bei allen diesen Spiralen steht natürlich, da der Divergenzwinkel ein rationaler Bruch des Umfangs ist, nach einer bestimmten Anzahl Blättern eins wieder vollkommen vertical über dem Anfangsblatt. Für die Folge der einzelnen Spiralen derselben Axe, sowie an verschiedenen Axen der zusammengesetzten Pflanze fanden sie eine Menge anderer Gesetze, daneben beobachteten sie andere, davon abweichende Verhältnisse, die theils als Ausnahmen, theils als unabhängige Vorkommnisse wiederum einer eigenthümlichen Gesetzmässigkeit unterworfen seien. Die Gebrüder *Bravais* gingen von der Betrachtung einer mathematischen an einem Cylinder verzeichneten Spirale aus, untersuchten die Stellungsgesetze der an derselben in gleichen Abständen verzeichneten Punkte und der Abänderungen derselben, wenn die Abstände der Windungen dieser Spirale abnehmen und zunehmen, wenn dem Cylinder ein spitzer, ein stumpfer Kegel, endlich eine Fläche und eine concave Fläche supponirt wird. Dann versuchten sie die so gefundenen Gesetze auf die wirklichen Pflanzen anzuwenden, indem sie eine Unzahl genauer Messungen auf höchst sinnreiche Weise anstellten, die Grenzen des Irrthums bei diesen Messungen bestimmten und endlich nachwiesen, dass ihrer Annahme eines einzigen constanten Divergenzwinkels für alle Spiralen nichts entgegenstehe, indem die Abweichungen der Schimper'schen und Braun'schen Entdeckungen innerhalb der Grenze des möglichen Irrthums bei den Messungen fallen. Wegen Irrationalität des Divergenzwinkels zum Umfang steht hier niemals irgend ein Blatt der ganzen Axe genau senkrecht über irgend einem vorhergehenden. Die Spirale ist ihrer Natur nach unendlich und findet ihren Abschluss nur im Aufhören der Axe. Hieher rechnen sie alle Fälle der oben angegebenen Schimper'schen Reihe und noch eine Menge anderer Fälle, deren sich *Schimper* nur durch Annahme einer andern Gesetzmässigkeit bemächtigen konnte. Sie nennen diese Blätter krummreihige (*feuilles curvisériées*). Daneben blieb ihnen noch eine Reihe anderer Fälle stehen, bei denen unzweifelhaft ein Blatt senkrecht über irgend einem frühern steht, die sie geradreihige (*feuilles restisériées*) nennen, wofür sie ihre Entwickelungen der Gesetze aber bis jetzt noch schuldig geblieben sind; sie deuten aber in dem, was sie bis jetzt gegeben haben, an, dass sich Uebergänge von einem zum andern System finden, woraus sich schliessen lässt, dass sich vielleicht beide von einem Gesetze ableiten lassen.

Beiden Theorien fehlt es bis jetzt noch an einer sichern Begründung, denn beide nehmen nur auf die entwickelte Pflanze Rücksicht, statt die Sache in der Entwickelungsgeschichte zu verfolgen. Die entwickelte Pflanze zeigt uns keinen mathematischen Körper und an demselben keine Blätter in mathematisch gleichen Divergenzen; ohne ein gewisses Zurechtrücken und das Zugeben einer ziemlich breiten Möglichkeit der Beobachtungsfehler kommen wir hier nicht zum Ziel. Die Gebrüder *Bravais* sagen selbst: eine mathematische Genauigkeit sei bei solchen Untersuchungen, die dafür so wenig empfänglich sind, beinahe überflüssig; aber sie sind gewiss zu gute Mathematiker, um nicht zuzugeben, dass mathematische Gesetze, die nicht haarscharf gelten, gar keine sind. Dagegen würde die Entwickelungsgeschichte allerdings die Möglichkeit an die Hand geben, die mathematischen Gesetze mit völliger Genauigkeit auch in der Erfahrung bestätigt zu sehen. Man braucht nur Blatt und Blüthenknospe von Coniferen, Synanthereen u. s. w. unterm Mikroskop zu beobachten, um über die elegante und exacte Regelmässigkeit zu erstaunen, welche sich hier in der ersten Anlage so überraschend zeigt. Hier liessen sich sicher bei sorgfältigem Präpariren und zweckmässiger Behandlung Messungen anstellen, die mit völliger Genauigkeit die Gesetze bestätigen oder verwerfen müssten. Nur die Entwickelungsgeschichte kann ferner darüber entscheiden, ob irgendwo ein Abort stattgefunden oder nicht, mit welchem Auskunftsmittel insbesondere die Gebrüder *Bravais*, wie die ganze französische Schule seit *De Candolle*, etwas gar zu freigebig sind. Endlich kann die ganze Sache erst dann eigentliche Bedeutung für die Botanik gewinnen, wenn wir in der Natur der Pflanze den Grund nachzuweisen im Stande sind, warum sich die Blätter in einer regelmässigen Spirale, warum gerade in dieser anordnen müssen und warum sie unter gewissen Bedingungen davon abweichen. Erst dann tritt die Sache als etwas wirklich der Natur des pflanzlichen Organismus Angehöriges auf, während wir bis jetzt eigentlich nichts besitzen, als die Betrachtungen über die Natur der Spirale im Allgemeinen und den Nachweiss, dass unter gewissen Voraussetzungen sich diese für Spiralen gefundenen Gesetze auch an der Stellung der Blätter bestätigen lassen.

Abgesehen von diesem Mangel an vollkommener wissenschaftlicher Begründung ist ohne Zweifel die Theorie von den Gebrüdern *Bravais* die bei weitem vorzüglichere. Vor allen macht sich hier die Einfachheit des Gesetzes geltend und nach gesunder Methode ist unter gleichen Möglichkeiten immer die Erklärungsweise vorzuziehen, die möglichst viele Fälle auf einen Gesichtspunkt zurückführt. Sodann aber lässt sich vielleicht auch bei der Bravais'schen Theorie eine Andeutung geben, wie es einmal gelingen könne, die Gesetzmässigkeit der Blattstellung abzuleiten. Erinnern wir uns der bekannten Thatsache, dass an einem Baum gewöhnlich eine grössere Wurzelentwickelung in Folge bessern Bodens an einer Seite auch einer stärkeren Entwickelung der Jahresringe und der Aeste an dieser Seite entspricht, gedenken wir des so häufig isolirten Verlaufs der Gefässbündel, die auf jeden Fall doch die Wege des Saftzuflusses andeuten, von der Wurzel zu den Blättern, so scheint daraus wie aus Berücksichtigung dessen, was oben über die Selbstständigkeit des Zellenlebens überhaupt gesagt ist, hervorzugehen, dass auch die einzelnen senkrechten Theile in einer Axe, die horizontal nebeneinander liegen, im Ganzen nur wenig Einfluss auf einander haben und ziemlich unabhängig für sich sind. Sollte nun die grösstmögliche Zahl von Blättern an einer Axe hergestellt und ihre möglichst gleichförmige Vertheilung auf den ganzen Umfang der Axe, und daher auch ihre möglichst gleichförmige Ernährung bewirkt werden, so mussten nothwendig zwei aufeinander folgende Blätter einen grösstmöglichen und im Verhältniss zum Umfang irrationalen Divergenzwinkel haben, welchen Anforderungen der von *Bravais* gefundene Winkel 137° 30′ 28″ vollkommen entspricht. Allerdings ist dies bis jetzt nur ein teleologischer Erklärungsgrund, aber ein solcher mag immer so lange gelten, bis der bessere und rechte gefunden, und er kann eben den Fingerzeig geben, wo der rechte zu suchen sei.

Da Knospen noch viel leichter fehlschlagen als Blätter, und durch ungleich rasche Ausbildung oft völlig den natürlichen Gesichtspunkt verrücken, so scheint mir die Anwendung, die sowohl die deutschen als auch französischen Gelehrten von ihren Ansichten auf die Blüthenstände gemacht haben, wegen der gänzlichen Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte zur Zeit noch um so unannehmlicher, da sie sich nicht einmal durch Einfachheit empfiehlt und durch eine ziemlich verwickelte neue Terminologie sogar noch abschreckt. Ich will gar nicht behaupten, dass nicht die Verfasser vielfach die Natur richtig errathen haben mögen, aber die einzig mögliche und richtige Begründung, die Entwickelungsgeschichte, haben sie versäumt, und da ist die Gefahr zu gross, durch Aufnahme dieser Lehren vielleicht etwas ganz Falsches in die Wissenschaft einzuführen.

Näheres findet man in folgenden Werken:

Dr. *Schimper*, Beschreibung des *Symphytum Zeyheri* u. s. w. in *Geiger* Mag. für Pharmacie. Bd. XXIX. S. 1 ff.

Dr. *A. Braun*, Vergleichende Untersuchung über die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen u. s. w. *Nov. Act. Acad. C. L. N. C. T. XIV. Vol. I. p.* 195 bis 402.

Dr. *Schimper*, Vorträge über die Möglichkeit eines wissenschaftlichen Verständnisses der Blattstellung u. s. w. mitgetheilt von Dr. *A. Braun*. Flora Jahrg. XVIII. Nr. 10. 11. 12. (1835.)

L. et A. Bravais, Mémoires sur la disposition géométrique des feuilles et des inflorescences, précédés d'un résumé des travaux des MM. Schimper et Braun sur le même sujet par Ch. Martius et A. Bravais. Paris 1838.

Dies letzte Werk ist deutsch von *Walpers*, Breslau 1839, erschienen und als Anhang noch *Dutrochet's* Aufsatz über die Auflösung der paarigen Blattstellung in die spiralige (aus den *Nouv. Ann. du Musée T. III.* 1834) beigefügt, welcher ein vortreffliches Beispiel liefert, wie viel weiter man durch Phantasiren als durch Beobachten kommt, wenn man sich nur wie *Dutrochet* gleich darüber ausspricht, wie Alles, was man behauptet, weil es schon an unsichtbaren Blattknospen geschehen, in der Erfahrung gar nicht nachgewiesen werden könne, wodurch wenigstens Andern die Mühe erspart wird, *Dutrochet* nachzuweisen, dass gründliche Beobachtung fast von Allem, was er behauptet, gerade das Gegentheil zeigt.

III. Die erste Form, unter welcher das Blatt auftritt, ist, wie gesagt, immer die eines kleinen kegelförmigen Zäpfchens, das sich aus der Axe hervorschiebt; seine weitern Formen hängen lediglich von der Anordnung der neu entstehenden, von der Ausdehnung der entstandenen Zellen ab und so wenig wie bei irgend einem andern Organ etwa mit Ausnahme der Saamenknospe ist das Blatt auf einen bestimmten Formenkreis beschränkt. Es kann sich eben so kugelig, eiförmig, länglich rund und prismatisch, als fadenförmig, bandförmig und flächenförmig ausdehnen, und die Fläche kann auch dadurch, dass sich die Zellen der Fläche nach mehr in der Mitte anhäufen als am Rande, oder mehr in der Mitte als am Rande flächenförmig ausdehnen, auch concave Formen bilden. Die auffallendsten Formen dieser Art nennt man Schläuche (*asci*) wie bei *Saracenia, Cephalotus, Utricularia.* Für alle diese Formen finden denn auch die in der allgemeinen Morphologie aufgeführten Verschiedenheiten statt, insbesondere für die flächenförmigen Blätter die angegebenen Zertheilungen und die leichten Theilungen des Randes. Eine der häufigsten Formen, die man deshalb gemeiniglich als Normalform anzuführen pflegt, ist die, dass sich der obere Theil als Fläche, die Blattscheibe (*lamina*), der untere als fadenförmiger Theil, Blattstiel (*petiolus*) ausbildet, und an diesem kann man auch oft noch wieder den untern, etwas verdickten, oder verbreiterten als Scheidentheil

(*pars vaginalis*) unterscheiden, womit das Blatt die Axe ganz oder theilweise umfasst. Dieser letzte Theil ist sehr häufig besonders bei zusammengesetzten Blättern sehr dick (fleischig) angeschwollen, und wird dann Blatt- oder Blattstielkissen (*pulvinus*) genannt. In der Regel ist das flache Blatt so entwickelt, dass es seine Flächen mehr oder minder der Erde und dem Himmel zukehrt, seltner so, dass es die Ränder nach Oben und nach Unten richtet, so dass die Axe in der Ebene des Blattes liegt, wie z. B. bei vielen neuholländischen Myrtaceen. Sehr davon verschieden ist, wenn ein flaches Batt von gewöhnlicher Entwickelung an seiner Basis eine halbe Drehung macht, so dass dadurch ebenfalls die Fläche vertical gestellt wird, wie z. B. bei *Lactuca scariola.* Ein Verhältniss, das schon bei der Axe erwähnt wurde, tritt auch beim Blatt ein und wird hier viel bedeutungsvoller. Es bildet sich nämlich (selten [oder nie?] bei Monocotyledonen, häufig bei Dicotyledonen) zwischen Blatt und Axe ein Gelenk (*articulatio*), in Folge welcher das Blatt nach einer bestimmten Zeit von der Axe abgeworfen wird, während es sonst an der Axe selbst allmälig abstirbt und verwest. Diese ächte Gliederung wiederholt sich zuweilen öfter in der Continuität eines und desselben Blattes, entweder nur so, dass zwischen Blattstiel und Blattscheibe sich ein Gelenk bildet (z. B. *Citrus*, *Dionaea*), oder so, dass bei den flachen, zerschnittenen Blättern (z. B. *f. pinnatisecta, palmatisecta etc.*) jeder Lappen durch ein Gelenk mit dem Ganzen verbunden ist. Man nennt diese Blätter zusammengesetzte Blätter (*f. composita*) und nach der Form der Zertheilung gefingerte, gefiederte Blätter (*f. digitata, pinnata etc.*). Die einzelnen Theile werden Blättchen (*foliola*) und der sie alle verbindende Theil gemeinschaftlicher Blattstiel (*petiolus communis*) genannt. Dem Blättchen können natürlich auch alle Formen des Blattes zukommen, insbesondere kann es wieder in Fläche, Blattstiel und Blattstielkissen gesondert sein. Bei einigen neuholländischen Acacien (z. B. *Ac. heterophylla*) sind die ersten Blätter zusammengesetzt, nach und nach bilden sich immer weniger Blättchen aus, zuletzt bleibt nur der dem *petiolus communis* entsprechende Theil übrig, der dann als senkrechte Fläche erscheint und *phyllodium* genannt wird, zum Unterschied von den andern vollkommenen Blättern derselben Pflanze.

Botaniker, denen das Ziel der Botanik nur in der Bestimmung recht vieler Species für ihr Herbarium vorschwebt, werden mich hier der Oberflächlichkeit und Ungründlichkeit beschuldigen, dass ich die Formen der Blätter, die fast die wesentlichste Grundlage für Artenbestimmung sind, so kurz und stiefmütterlich behandle. Ich kann mir aber nicht helfen, ich finde nun einmal in den, wie es trifft, guten und schlechten Bezeichnungsweisen für verschiedene ganze oder getheilte Flächen oder Ränder, für fadenförmige oder körperliche Formen durchaus nichts Botanisches, geschweige denn das eigentlich Wissenschaftliche in der Botanik. Wenn man ein dünnes, fadenförmiges Blatt einen Blattstiel nennt, so habe ich nichts dagegen, wenn man damit weiter nichts bezeichnen will, als ein stielförmiges Blatt; wenn man aber hinzusetzt, die Blattscheibe sei hier abortirt, so ist das unwissenschaftlich und falsch; wenn man ein nur als Fläche entwickeltes Blatt *folium sessile* nennt, so ist gegen die Bezeichnung nichts einzuwenden; wenn man aber hinzufügt, der Blattstiel sei hier abortirt, so ist das wieder blosse Phantasie. Wo in aller Welt geht denn aus dem Wesen der Pflanze hervor, dass ein Blatt gesetzmässig aus Blattscheibe und Blattstiel bestehen müsse? Die ganze bisherige Methode, das Blatt nach Scheibe und Stiel zu beschreiben und alle übrigen Formen dabei unterzubringen, könnte nur insofern einen Werth haben, wenn wir uns nach Analogie des Zoologen an die vollkommenste Form halten wollten, um eine Norm zu haben, an welche wir alle andern Formen als Abweichungen an-

knüpfen können; dann müsste man aber von dem zusammengesetzten Blatt als dem offenbar vollkommensten ausgehen. Immer aber bliebe es falsch, wenn man alle Abweichungen als Aborte und fehlgeschlagene Bildungsversuche der Natur bezeichnen wollte, sowie es lächerlich wäre, zu sagen, bei *Monas lens* seien die Fusszehen und die Nägel, die Ohrknorpel u. s. w. abortirt. Ausdrücke wie: »die Natur hat hier den Versuch gemacht, sie ist von ihrem Typus abgewichen« sind überall völlig unwissenschaftlich und eine recht kindische Anthropopathie. Bei den *Mesembryanthemum* z. B. ist die Natur nicht vom Typus der Blattbildung abgewichen, sondern ihr Typus ist hier ein anderer wie bei andern Pflanzen, jeder in seiner Art vollkommen, den Hauptzweck aller Pflanzenentwickelung, die mannigfaltigste Formenbildung aus den einfachsten Grundlagen möglich zu machen, erreichend.

Insbesondere muss ich hier bemerken, dass es gar keinen Sinn hat, die dreikantigen Blätter, z. B. bei einigen *Mesembryanthemum*-Arten für ursprünglich plane, dann zurückgeschlagene und mit der Rückseite verwachsene Blätter zu erklären, oder das Irideenblatt für ein solches anzusehen, welches nach Oben zusammengefaltet und mit den oberen Seiten verwachsen sei. Der einzige Beweis, der dafür geliefert werden könnte, wäre die Entwickelungsgeschichte, und diese zeigt, dass dergleichen Faltungen und Verwachsungen nicht stattfinden, sondern dass, anfänglich wie alle andern geformt, sich dieses Blatt in eine verticale Fläche, jenes dreikantig ausdehnt. Dieses ist eben ein flaches, von den Seiten zusammengedrücktes, und jenes eben ein dreikantiges Blatt und weiter nichts. Durch gar nichts lässt sich das Naturgesetz begründen, als müssten alle andern Formen sich auf Eine zurückführen oder vielmehr von Einer ableiten lassen. Jene Behauptung hätte aber eben nur unter Voraussetzung eines solchen Naturgesetzes Sinn. Die blosse Fiction eines solchen Naturgesetzes ist aber unbedingt zurückzuweisen. Nach einer ebenso willkürlich ersonnenen Fiction von *Link* sollen die Blätter der *Abies excelsa*, *alba etc.* aus zwei mit den obern Flächen verwachsenen Blättern entstehen, was man auch an den beiden oben und unten vorspringenden Mittelnerven sähe. Zwar haben *Abies pectinata* und *Pinus sylvestris* eine Andeutung von zwei freilich nebeneinander liegenden Gefässbündeln, aber gerade *Abies excelsa*, *alba etc.* nur eines, bei der letztern sind auch obere und untere Hälfte gar nicht gleich gebaut, endlich weist die Entwickelungsgeschichte entschieden nach, dass hier nur ein und nicht zwei verwachsene Blätter vorhanden sind.

Einige Worte will ich hier noch über die Schläuche sagen, welche bei *Nepenthes*, *Saracenia*, *Cephalotus*, *Dischidia Rafflesiana* und *clavata*, *Marcgravia*, *Norantea* und *Utricularia* u. s. w. vorkommen. Bis jetzt haben wir noch von keiner einzigen Art eine vollständige Entwickelungsgeschichte. Meine eignen in früherer Zeit an *Utricularia* angestellten Untersuchungen blieben leider höchst unvollständig. Wie es scheint, zeigen sich die Schläuche nach drei verschiedenen Typen. *a*. Bei *Saracenia* ist es der untere Theil des Blattes, welcher eine füllhornähnliche Form zeigt und am obern Rande in eine flache, vom Schlauch durch einen Einschnitt getrennte Ausbreitung (die Blattscheibe) ausläuft. Die untere Hälfte der innern Fläche des Schlauchs ist hier mit abwärts stehenden Haaren besetzt, die obere glatt. Bei *Nepenthes* sitzt ein kannenförmiges Gebilde auf einem langen, unten geflügelten, dann oft rankenförmigen Blattstiel auf und trägt am obern Rande eine eingelenkte (?), anfänglich die Kanne wie ein Deckel verschliessende Blattscheibe. Die innere Fläche ist im untern Theile mit kleinen Erhebungen von ganz zartwandigem, saftigen Zellgewebe besetzt, die von oben her durch die vorspringende Oberhaut gleichsam mit einem Schutzdach versehen sind. Bei beiden ist das Blatt auf eine solche Weise hohl geworden, dass die geschlossene Basis des Schlauchs auch der Basis des Blattes entspricht (*Saracenia*) oder doch am nächsten liegt (*Nepenthes*). Bei *Dischidia Rafflesiania* und *clavata* ist dagegen die Oeffnung des Schlauchs der Blattbasis zugekehrt, *Cephalotus* scheint einen der *Saracenia* ähnlichen Bau zu besitzen*. Bei allen genannten Pflanzen bildet

* *Cephalotus* und *Dischidia* kenne ich nur aus Beschreibungen.

der Hauptkörper des Blattes den Schlauch. (Man hat ein Vergnügen daran gefunden, sich zu streiten, ob der Deckel bei *Saracenia* und *Nepenthes* die Blattscheibe sei oder nicht, und wie überhaupt die einzelnen Stücke auf das angebliche Normalblatt zurückzuführen seien.) *b.* Bei *Marcgravia* und *Norantea* dagegen bilden nach *Lindley* die Nebenblätter die Schläuche. *c.* Endlich, bei *Utricularia* sind es viele einzelne Theilchen des vielfach zerschlitzten Blattes, welche eine sehr complicirte Schlauchform annehmen. Anfänglich bilden dieselben ein kleines kurzgestieltes, fast tutenförmiges Körperchen in den Winkeln der Blattabschnitte, an diesem Körperchen entwickelt sich aber vorzugsweise die untere Seite und der innere Rand der sich nicht sehr vergrössernden Oeffnung, so dass der ausgewachsene Schlauch ein rundliches, von der Seite etwas zusammengedrücktes Körperchen bildet, das von oben an der einen Kante in den Stiel übergeht, an der andern eine Oeffnung zeigt, die einen kleinen nach Innen vorspringenden Trichter bildet, dessen äussere Oeffnung durch einen am obern Rande sitzenden Bart verschlossen wird; der untere Theil der innern Trichterfläche ist mit sehr zierlichen verschiedenartigen, aber ganz gesetzmässig angeordneten Haaren besetzt, auch die ganze innere Fläche des Schlauchs zeigt eigenthümliche, aus zwei, jede in einen kürzern und längern Arm auslaufende Zellen bestehende Haare *.

Bei Blättern so gut wie bei den Pflanzen im Allgemeinen sind alle Formen möglich und fast alle wirklich, die streng stereometrischen Formen ausgenommen. Die Bezeichnung beruht entweder auf dem Vergleich mit mathematischen Figuren oder mit Gegenständen, deren Formen man aus dem gemeinen Leben als bekannt voraussetzt. Dafür giebt es aber keine wissenschaftliche Regel, sondern nur der ästhetische Tact kann uns leiten. Wohl aber giebt es innerhalb gewisser Gruppen von Pflanzen gewisse Formenkreise, die ausschliesslich vorkommen, und nur hier kann man bestimmtere Bezeichnungsweisen, die dann aber auch nur für diese bestimmte Gruppe Gültigkeit haben, durch genauere Beobachtung geleitet, festsetzen. Das gehört aber der speciellen Botanik an. Endlich ist es praktisch ganz unnütz, den Schüler mit all den einzelnen Ausdrücken bekannt zu machen, weil die meisten, eben weil sie nur bildlich sind, weil ihre Anwendung nur vom richtigen Tact des Einzelnen abhängt, fast von jedem Botaniker anders erklärt und angewendet werden. Ich habe ein crasses Beispiel der Art schon oben angeführt, hunderte solcher Beispiele liessen sich fast bei jeder Pflanze aus der Definition verschiedener Botaniker zusammenstellen, und es bleibt dem Schüler doch nichts übrig, als bei jedem Schriftsteller, den er benutzen will, wieder die Sache von vorn anzufangen und zuzusehen, in welchem Sinne er gerade die Ausdrücke gebraucht **.

Der bedeutungsvollste Punkt wäre offenbar die Aufstellung morphologischer Gesetze für die Entwickelung der Blattformen an einer und derselben Axe einer und derselben Pflanze, Gattung, Familie etc. Dafür ist aber gar nichts gethan. Nur ganz im Allgemeinen kann man Folgendes aussprechen: 1. Die Blattformen unten an der primären Axe sind am einfachsten, zeigen weiter nach oben allmälig grössere und

* Einige weitere Bemerkungen über diese Schläuche, insbesondere über einen sich später in den Zellen entwickelnden Farbstoff gab *Göppert* (Botanische Zeitung 1847, Sp. 721 ff.). Ausführlichere Untersuchungen über die Entstehung der Schläuche gab *Benjamin* (Botanische Zeitung 1848, Sp. 17 ff.). Hiernach entständen dieselben durch Hohlwerden eines anfänglich kuglichen Organs.

** Man mag die Werke unserer bedeutendsten Systematiker durchgehen, man wird vielleicht keine einzige Definition finden, in der nicht zwei verschiedene sogenannte Kunstausdrücke auf dieselbe Sache angewendet würden, und da glaube ich völlig im Rechte zu sein, wenn ich sage, alle diese lateinischen und resp. deutschen beschreibenden Ausdrücke bezeichnen überall gar keinen und insbesondere keinen b o t a n i s c h e n Begriff, sondern dienen nach der Wahl und dem Geschick jedes Einzelnen der anschaulichen Beschreibung so gut wie allen andern, die er wählen möchte, und Bücher oder Vorlesungen mit den deutschen Uebersetzungen dieser lateinischen Ausdrücke füllen, ist geradezu gewissenlose Zeitvergeudung.

mannigfaltigere Combinationen und kehren endlich am Ende der Axe wieder zu grösserer Einfachheit zurück. Die secundären (Seiten-) Axen beginnen gewöhnlich ebenso mit unvollkommen entwickelten Blättern (Knospendecken), dann werden die Formen complicirter und endlich wieder einfacher. Das Ende der Axe ist hier immer durch die Blüthenbildung gegeben. Sowohl bei den primären als bei den secundären Axen ist der Uebergang der einfachern erstern Blattformen (der Cotyledonen und Knospenschuppen) in die mannigfaltiger entwickelten Blätter bald ein plötzlicher, bald ganz allmälig durch Mittelformen herbeigeführter.

2. Blätter, welche unter der Erde sich bilden, sind immer einfacher, als die an oberirdischen Axen gebildeten. Erstere sind gewöhnlich schuppen- oder dornförmig.

3. Blätter, in deren Achseln Blattknospen stehen, sind gewöhnlich formreicher entwickelt, als solche, in deren Achseln Blüthenknospen stehen (Bracteen).

4. Gewöhnlich sind an einer und derselben Axe die Formen der Blätter gleichartig oder gehen doch innerhalb der unter 1 gezogenen Grenzen stetig in einander über. Doch kommen davon einige merkwürdige Ausnahmen vor, namentlich bei einigen Aroideen und besonders bei den Cycadeen. Bei diesen Pflanzen kommen an derselben Axe gesetzmässig zwei Blattformen vor; bei Aroideen ganz regelmässig abwechselnd ganz kurze hautartige Scheiden und vollkommen mit Scheide, Blattstiel und Blattscheibe versehene Blätter; bei Cycadeen sind die meisten Blätter nur breite fleischige Schuppen, welche spiralig um den dicken unentwickelten Stamm gestellt sind, aber dazwischen kommen anfänglich einzeln, bei erwachsenen Stämmen häufiger, die grossen schönen gefiederten oder mannigfach zerschlitzten Blätter vor, welche regelmässig die Spirale fortsetzend an die Stelle jener Schuppen eintreten. Der Scheidentheil dieser Blätter entspricht ganz einer solchen Schuppe; statt des entwickelten Blattstiels und der Blattscheibe trägt eine solche Schuppe nur einen kleinen schmalen Fortsatz. Nur in Folge höchst oberflächlicher Beobachtung hat *Link** behaupten können, die Blätter entsprängen aus der Achsel einer Schuppe.

IV. Betrachtet man das Keimblatt der meisten Monocotyledonen, so findet man, dass dasselbe bei seiner allmäligen Entwickelung die Terminalknospe (*plumula*) völlig umschliesst, ja dass die noch ganz zarten, weichen Zellen der beiden Ränder desselben zum Theil sich so fest vereinigen, dass sie als verwachsen betrachtet werden können, während nur eine kleine Spalte, die bei allen Monocotyledonen vorhanden ist, übrig bleibt. Bei der Keimung hat die sich entwickelnde Knospe in der kleinen Spalte nicht Raum, um hervorzutreten, sie drängt also die Ränder derselben mehr oder weniger hervor, und diese erscheinen dann als ein eigenthümlicher Anhang auf der Mitte des Keimblattes, als häutige Ausdehnung der Ränder des untern Theils des Blattes, oder als Läppchen an der Basis desselben. Auch bei den spätern Blättern finden ähnliche Verhältnisse oft statt. Bei den Dicotyledonen kommt ein gleiches Verhältniss nicht selten vor, entweder werden die Ränder an der Basis eines Blattstiels oder stielförmigen Blattes häutig ausgedehnt, oder es erhebt die durchbrechende Knospe eine längere oder kürzere häutige Scheide, oder es bilden sich an der Basis des Blattstiels eigenthümliche Läppchen aus, die zuweilen die Form kleiner Blättchen annehmen und auch wohl durch ein Gelenk dem Blattstiel verbunden sind. Ueberall ohne Ausnahme sind ihrer Entwickelungsgeschichte zufolge Theile des an seiner Basis besonders entwickelten Blattes und dem Wesen nach durch alle Phanerogamen ganz dasselbe Gebilde, wenn sie auch der Erscheinungsweise nach mannigfach variiren. Sie haben sehr verschiedene Namen erhalten, die theils nur für bestimmte Familien, theils nur für

* *Wiegmann's* Archiv 1841. Bd. II. S. 372.

bestimmte Blattorgane gemacht sind. Bei Gräsern nennt man diese Theile Blatthäutchen (*ligula*); bei andern Monocotyledonen bald *vagina stipularis*, wenn gross und schon vom untersten Theil des Blattes sich frei erhebend; *vagina petiolaris*, wenn klein und erst höher hinauf am Blatte sich zeigend. Bei den Dicotyledonen bald *petiolus alatus*, *stipulae adnatae*, wenn an den Rändern des Blattstiels; *ochrea*, wenn scheidenförmig bei den Polygoneen; oder Nebenblätter (*stipulae*), wenn scheinbar als besondere kleine Blättchen neben der Basis des Blattstiels stehend; bei Blumenblättern endlich *fornix*, *corona* oder *nectarium* u. s. w., z. B. bei *Lychnis*, Borragineen, *Narcissus etc.* Als Nebenblätter finden sie sich besonders bei zusammengesetzten Blättern, wo sie zuweilen allein flächenförmig entwickelt sind, während das Blatt selbst nur fadenförmig sich ausbildet, z. B. *Lathyrus aphaca*. Auch an der Basis der Blättchen bei zusammengesetzten Blättern finden sich zuweilen kleine Läppchen, die, vielleicht auf ähnliche Weise entstanden, Nebenblättchen (*stipellae*) genannt werden.

Von allen Theilen des Blattes entwickeln sich die so eben erwähnten Organe zuletzt, wie das schon eigentlich von selbst aus der gesetzmässigen Entwickelung des Blattes von Oben nach Unten folgt, aber auch gar leicht sich durch Beobachtung an jeder Knospe einer Pflanze, die nur irgend so ausgebildete Nebenblätter hat, um die Untersuchung zu erleichtern, Rosaceen, z. B. *Sorbus aucuparia*, Leguminosen, z. B. *Ervum nigricans*, *Orobus albus*, *Lathyrus sphaericus*, *Pisum sativum* (Kupfertafel II. Fig. 1 ff.), *Robinia pseudacacia*, *Psoralea affinis* und *fructicosa* u. s. w. nachweisen lässt. *Link** behauptet das Gegentheil, offenbar weil er nie eine Knospenentwickelung genau angesehen hat, sonst wäre eine solche Behauptung unmöglich. Später schreitet allerdings ihre Ausbildung rascher fort, als die der andern Theile, und sie hüllen nicht selten das Blatt, dem sie angehören, in der Knospe ein, indem dasselbe erst später durch die Ausdehnung seiner Zellen seine relative Grösse gewinnt. Die Terminologie dieser Theile ist eine ganz endlose, weil man jede einzelne Abweichung an der entwickelten Pflanze mit einem neuen Wort bezeichnete, ohne sich um Natur und Ursprung des Organs zu kümmern; ja man deutete sogar absichtlich durch den Namen oft einen verschiedenen Ursprung an, wo die oberflächlichste Untersuchung hätte zeigen können, dass man es mit einem und demselben Theile zu thun habe, z. B. *vagina stipularis* und *petiolaris* **. Auch hier ist die Phantasie geschäftig gewesen, die Lücken zu ergänzen, zu deren Aufklärung durch gründliche Untersuchung man nicht Lust hatte. Verwachsung der Nebenblätter mit dem Blattstiel u. s. w. sind ganz gebräuchliche Ausdrücke, aber ohne allen Sinn; von Verwachsung ist hier gar nicht die Rede. *Petiolus alatus* und *stipulae adnatae* sind durch nichts auf der Welt von einander verschieden, als dass etwa bei den letzten die sogenannten Flügel nach Oben in ein Spitzchen auslaufen. Mit Worten spielende Willkür ohne wissenschaftliche Begründung hat hier wie fast überall die Terminologie zusammengewürfelt.

Verfolgen wir die Entwickelungsgeschichte dieser Theile durch die verschiedensten Familien der Monocotyledonen und Dicotyledonen, so überzeugen wir uns gar leicht, dass alle zusammen ein und derselbe Theil, eine weitere Entwickelung des untern

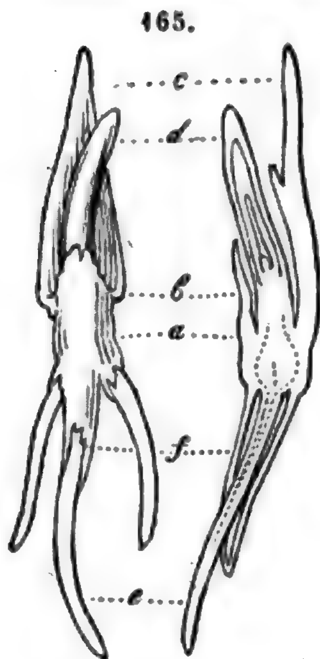
---

* *Element. phil. bot. Ed. II. T.* 1. *p.* 465.

** Hier ist indess zu bemerken, dass man bei einigen monocotyledonen Familien auch zwei sehr verschiedene Dinge mit demselben Namen belegt hat, z. B. bei den Aroideen. Hier z. B. bei *Pothos* kommt es nicht selten vor, dass sich die Blätter regelmässig abwechselnd ganz verschieden entwickeln, indem eins aus Blattscheibe, Blattstiel, Scheidentheil und Nebenblattscheide besteht, das folgende aber allein als eine dünne häutige Scheide auftritt, die weder Nebenblattscheide, noch Scheidentheil, sondern eine ganz abweichende Form des ganzen Blattes ist. Die Beschreibung einer solchen Pflanze müsste daher nothwendig sein: *folia dimorpha, foliis inaequalibus alternantibus etc.*

Theils des Blattes oder Blattstiels sind, und zwar in den meisten Fällen, insbesondere ganz entschieden bei den Monocotyledonen, veranlasst durch die Lage der Blattorgane in der sich bildenden Knospe und den dadurch auf die untern Theile, bei den Monocotyledonen insbesondere auf den Scheidentheil des Blattes ausgeübten Druck. Ist die Scheide sehr lang, der Druck sehr gering, so entsteht eine *ligula* bei den Gräsern, die sogar am Cotyledonenblatt vorhanden ist. Man untersuche nur eine eben gekeimte Haferpflanze. Hier ist ein lanzettliches, etwas fleischiges Blatt (*scutellum Auct.*) (165*c*), ein Scheidentheil (*a* bis *b*), der etwa ein Viertheil der Länge des ganzen Blattes einnimmt, und der freie Rand dieses Scheidentheils, der durch Ausbrechen der Knospe hervorgezogen ist (*ligula*) (*b*). Mit aller erdenklichen Mühe ist hier auch kein Moment aufzufinden, welches dieses ganze Organ von dem Begriff Blatt ausschliessen, oder seine Blattnatur auch nur zweifelhaft machen könnte, und sieht man von absoluter Grösse, Farbe und Fleischigkeit, die ja ohnehin bei allen Blattorganen so mannigfach variiren, ab, so ist in der Form und Anordnung der Theile auch nicht der geringste Unterschied zwischen dem Cotyledon und den folgenden Blättern des Hafers aufzufinden. Ist der Scheidentheil kürzer, der hervorgedrängte Rand etwas grösser, so heisst das Ding gleich anders (*vagina petiolaris*) und ist durchaus dasselbe; endlich ist der Scheidentheil sehr kurz und der hervorgedrängte Rand sehr lang, so soll's eine *vagina stipularis* sein, ohne doch etwas Anderes zu bedeuten, als das vorige. Diese letzten beiden Theile findet man in allen möglichen Uebergängen, und daneben den *petiolus alatus*, der auch nichts Anderes ist, am besten bei den Familien der Hydrocharideen, der Aroideen, Scitamineen u. s. w., wo ich eine genügende Anzahl Entwickelungsgeschichten analysirt habe. In der Knospe, wo das Blatt noch eine Linie und der Scheidentheil eine halbe lang ist, kann man über die Natur der sogenannten *vagina stipularis* gar nicht in Zweifel sein; wenn aber das Blatt mit dem Blattstiel zwei Fuss lang geworden, die *vagina stipularis* mehrere Zoll lang ist, so wird der Scheidentheil, der beide verbindet, der nur eine halbe Linie lang geblieben ist, bei der gewöhnlichen Betrachtungsweise völlig übersehen und man hält Blattstiel und *vagina* für zwei ganz getrennte Organe. Was ich bei den oben angeführten Leguminosen, bei Rosaceen und Polygoneen und in einigen andern Familien beobachtet habe, führt unmittelbar zu dem Schluss, dass die bei den Dicotyledonen Blattstielscheide, geflügelter Blattstiel, Tute, angewachsene Nebenblätter und freie Nebenblätter genannten Organe alle verschiedene Formen eines und desselben Theils der untersten Ränder des Blattstiels oder Blattes und wiederum mit den genannten Theilen bei den Monocotyledonen ihrem Wesen und ihrer Entwickelungsgeschichte nach völlig identisch seien. Sogenannte freie getrennte Nebenblätter giebt es durchaus gar nicht, und eben wie bei der *vagina stipularis* übersieht man nur hier ihren Zusammenhang mit dem Blattstiel, weil das Stückchen, wo sie verbunden sind, gegen das ganze Blatt und selbst gegen das Nebenblatt so klein ist, dass es ganz zurücktritt. Betrachtet man aber das Blatt, ehe sich seine Zellen ausdehnen, in der Knospe, so ist die Verbindungsstelle des Blattes und der Nebenblätter ein so bedeutender Theil von der Länge des ganzen Blattes, dass man gar nicht darüber in Zweifel sein kann, dass das Nebenblatt ein blosses Anhängsel des Randes der Blattbasis ist. Schon die aufmerksame Beobachtung der Keimung

165.



165. *Avena sativa.* Keimpflänzchen vom Eiweisskörper u. s. w. befreit. Von vorn gesehen (links) und von der Seite im Längsschnitt (rechts). *a* Körper der Pflanze (Stengel). *b*, *c* Cotyledon. Zwischen *a* und *b* Scheidentheil des Cotyledonenblattes, darüber hinaus das Blatthäutchen. *c* Blattscheide des Cotyledons. *d* Aeusserstes Blatt des Knöspchens. *e* Nebenwurzel, welche das nur wenig verlängerte Würzelchen durchbricht.

einer Leguminose mit stark entwickelten Nebenblättern könnte ohne alle Anwendung gründlicherer Untersuchungen der Entwickelungsgeschichte diese Ansicht zur Genüge begründen. Z. B. bei *Orobus albus*, *Lathyrus sphaericus* ist das erste Blatt nach den Cotyledonen ein einfach-lanzettliches Blatt unmittelbar in einen breit geflügelten Blattstiel übergehend. Das zweite Blatt ist schon etwas länger, noch immer einfach, und man müsste die beiden Anhängsel zu beiden Seiten des Blattstiels angewachsene Nebenblätter nennen; das dritte Blatt ist schon dreitheilig (*f. trifidum*) mit Nebenblättern, deren Zusammenhang mit dem Blattstiel noch sehr bedeutend erscheint; endlich das vierte Blatt ist ein zusammengesetztes Blatt mit zwei Blättchen, einer terminalen Spitze und Nebenblättern, deren Zusammenhang mit dem langen Blattstiel verhältnissmässig verschwindend klein ist. Aehnlich zeigt sich das Verhältniss bei *Pisum sativum* (Taf. II. Fig. 1) und überall, und hieraus allein schon könnte man sehen, dass *petiolus alatus*, *stipulae adnatae* und *stipulae liberae* ein und derselbe Theil in verschiedenen Graden seiner Ausbildung ist. Dieselbe allmälige Entwickelung findet sich bei den meisten Knospen, und z. B. bei *Prunus Padus* durchlaufen die Blätter der Knospe von Unten nach Oben ganz dieselbe Formenreihe, wie bei den keimenden Leguminosen. Hat man dies eingesehen, so wird mehr als die Hälfte jener Terminologie völlig entbehrlich, selbst für die beschreibende Botanik, wenn man ganz allgemein jeden Fortsatz, der nicht blos von den Rändern, sondern zugleich von der Blattfläche ausgeht, *ligula* nennt, alle deutlichen Anhängsel der Ränder *petiolus alatus* (z. B. *stipulae adnatae, lanceolatae = petiolus alatus, alis lanceolatis*), endlich alle Theile, die ganz frei zu sein scheinen, *stipulae* (z. B. *ochrea = stipula vaginans*) u. s. w. Bei alledem sind auch hier noch gar viele Untersuchungen zu machen, denn wenn ich auch sagen kann, dass ich bei etwa 50 Pflanzen die Entwickelungsgeschichte dieser Theile genau verfolgt, so ist das noch zu wenig, um die so verschiedenen Erscheinungen mit völliger Sicherheit auf ihre Grundlage zurückzuführen, und es bleiben selbst noch viele Familien übrig, von denen ich bis jetzt keine Pflanze zu untersuchen Gelegenheit hatte. Insbesondere bleibt für die hieher gehörigen Theile der Blumenblätter noch ein grosses Feld der Forschung. Bei *Lychnis* zeigt die Entwickelungsgeschichte, bei *Narcissus* diese und selbst die Monstrositäten, z. B. der gefüllte *Narcissus poeticus*, dass hier nur derselbe Theil wie die *ligula* vorhanden ist; ganz ähnliche Resultate darf man gewiss bei dem *fornix* der Borragineen und andern ähnlichen Erscheinungen erwarten. Endlich ist auch die Natur der *stipellae* noch durch die Entwickelungsgeschichte aufzuklären.

V. Jedes Blatt entsteht, wie bemerkt, als ein kleines kegelförmiges Wärzchen an einer bestimmten Stelle des Umfangs der Axe. Auch die stengelumfassenden Blätter treten auf diese Weise hervor, und zwar an der Stelle, die der Mittellinie des zukünftigen Blattes (dem Mittelnerven) entspricht; nach und nach, so wie es weiter aus der Axe herausgeschoben wird, nehmen mehr und mehr Theile des Umfangs an der Bildung Theil, und so wird die Basis des Blattes allmälig breiter, bis sie die ganze Axe umfasst. Dauert hier nun an den Rändern der Blattbasis die Zellenbildung oder die Ausdehnung der neu entstandenen Zellen noch über das durch den Axenumfang gegebene Maas fort, so legen sich die frisch entstandenen noch weichen und fast gallertartigen Zellen der beiden Ränder der Blattbasis aneinander und vereinigen sich ebenso fest wie Zellen eines continuirlichen Gewebes; so wird dann der untere Theil eines Blattes ein geschlossenes, ungetheiltes, die Axe umfassendes Ganze. Ist hier die seitliche Zellenproduction gering, dagegen die Vereinigung schon verhältnissmässig früh eingetreten, so bildet dieser geschlossene Theil eine längere oder kürzere, die Axe eng umschliessende Scheide (*vagina clausa*), wie bei vielen Gräsern. Ist dagegen die seitliche Zellenproduction oder Ausdeh-

nung bedeutend und verhältnissmässig spät eingetreten, so dass nur die Basis des Blattes einen flach abstehenden Rand um die Axe herum bildet, so nennt man das Blatt vom Stengel durchwachsen (*folium perfoliatum*), z. B. *Bupleurum perfoliatum*. Da wo die Axe kantig ist und an diesen Kanten dünne mehr oder weniger vorspringende Blättchen bildet (die sogenannte geflügelte Axe, *axis alatus*), kann ein ähnlicher Process in der Knospe in der Weise eintreten, dass sich ein flächenförmiges Blatt an seiner Basis mit den gleichzeitig sich entwickelnden Flügeln oder Kanten der Axe verbindet, so dass das entwickelte Blatt stetig in dieselben überzugehen scheint. Man nennt ein solches Blatt ein an der Axe herablaufendes (*folium decurrens*), z. B. bei *Carduus*, oder mit einer ganz unbegründeten Fiction ein mit der Axe verwachsenes Blatt (*axis folio adnatus*). Da wo sich mehrere Blätter gleichzeitig oder fast gleichzeitig auf nahebei gleicher Höhe der Axe bilden, nähern sich während der Entwickelung die Basen der Blätter allmälig und es kann hier leicht geschehen, dass sie so nahe zusammentreffen, dass sich bei den Basen zweier verschiedener Blätter derselbe Process zeigt, wie er so eben an den beiden Rändern eines und desselben Blattes beschrieben ist. So kommt es denn, dass Blätter, die ihrem Ursprung und ihrer Spitze nach frei und isolirt sind, in ihrer fernern Entwickelung und an ihrer Basis ein ungetrenntes Ganze bilden (verwachsene Blätter, *folia connata*). Eins der einfachsten und am leichtesten zu verfolgenden Beispiele geben die Blätter von *Lonicera Caprifolium*. Auch können zwei Blattorgane, die übereinander an der Axe entstehen (z. B. Blumenblatt und Staubfaden) oder ein Blatt und die sich in seiner Achsel entwickelnde Knospe (z. B. das Deckblatt mit dem Blüthenstengel bei der Linde) untereinander auf dieselbe Weise verwachsen.

Endlich kann auch der fast entgegengesetzte Process stattfinden, indem nämlich ein Blatt sich entwickelt, aber von den benachbarten, sich schneller und kräftiger entwickelnden auf eine uns noch unbekannte Weise, sei es mechanisch durch den blossen Druck, sei es auf eine andere Art, plötzlich in seiner Entwickelung gehemmt wird, so dass man an dem ausgewachsenen Pflanzentheil entweder das kleine ursprüngliche Wärzchen wegen relativer Kleinheit nicht sieht, oder dass die kleine Erhebung desselben bei der spätern Ausbildung des Pflanzentheils wirklich wieder ausgeglichen, oder endlich die kleine Blattanlage abgestorben und allmälig zerstört ist. In diesem Falle sagt man, das Blatt sei fehlgeschlagen, abortirt; ein leicht zu verfolgendes Beispiel giebt das dritte Perigonialblatt bei *Carex*, welches auf diese Weise fehlschlägt, während die beiden andern den sogenannten *utriculus* bilden. Aber nicht bloss ganze Blätter können auf diese Weise fehlschlagen, sondern auch einzelne schon angelegte Theile eines Blattes; so ist es gar nicht selten, dass sich an dem angelegten Blatte die sogenannten Nebenblätter übermässig entwickeln, während das eigentliche Blatt selbst in seinem Wachsthum gehemmt allmälig dem Auge verschwindet. Als Beispiel können hier die Knospendecken (*ramenta*) an den perennirenden Knospen von *Corylus Avellana* dienen, die in der That nichts sind, als die Nebenblätter eines fehlschlagenden Hauptblattes.

Endlich kann derselbe Einfluss, den die in der Knospe eng aneinader gedrängten Theile aufeinander ausüben, auch bloss die Folge haben, dass sich die einzelnen Blattorgane nicht symmetrisch in zwei gleichen Hälften entwickeln, sondern dass die eine Seite, oder der an der einen Seite des Mittelnerven liegende Theil des Blattes eine andere Form annimmt, als die andere Hälfte, wofür z. B. die *Begonia*-Arten ein auffallendes Beispiel geben.

Die hier geschilderten Entwickelungsprocesse sind die einzigen im Leben der Pflanze, auf welche wir die Worte Verwachsung und Fehlschlagen anwenden können, wenn wir innerhalb der Grenzen besonnener, wissenschaftlicher Thätigkeit bleiben wollen. Verwachsung hat nur Sinn, wenn ich es als Vereinigung zweier ursprünglich wirklich getrennter Theile in Folge eines Wachsthumsprocesses bezeichne, Fehlschlagen nur dann, wenn ich darunter gestörte Entwickelung und Vernichtung eines in der Wirklichkeit schon angelegten Theils verstehe. Nichts aber hat die Botanik gewiss mehr verwirrt und von ihrem Ziele abgelenkt, als der Missbrauch dieser beiden Wörter. Dass Manche es für viel leichter halten, über eine Erscheinung nach einem willkührlich ersonnenen Typus zu phantasiren und durch so ein hingeworfenes Wort die Sache abzumachen, als nach wochen- und monatelangen mühseligen Untersuchungen einsehen zu müssen, dass es mit dem so schön erdachten Typus nichts ist, glaube ich recht gern, muss aber doch behaupten, dass eben nur allein in dem Letztern ächte wissenschaftliche Thätigkeit liegt, das Erste aber Tändeleien Solcher sind, die nicht verstehen oder nicht verstehen wollen, dass das Ziel unserer naturwissenschaftlichen Bestrebungen eine Theorie des Wirklichen und nicht unserer Einbildungen sei. Auch beruht der ganze Missbrauch noch auf einer empirischen und methodischen Mangelhaftigkeit: auf einer empirischen, insofern uns noch ganz die Thatsachen fehlen, um für die phanerogame Pflanze im Allgemeinen wie für einzelne Gruppen ein Gesetz der Blattstellung wissenschaftlich begründen zu können, Abort und Verwachsung aber doch auf jeden Fall nur zur Erklärung der Ausnahme von einem wohlbegründeten Gesetz gebraucht werden können; auf einer methodischen, indem eine beobachtete Regelmässigkeit in vielen Fällen wohl dazu dienen kann, uns auf die Möglichkeit eines zum Grunde liegenden Naturgesetzes aufmerksam zu machen, aber noch nicht dies Gesetz selbst ist, dessen wirkliche Existenz, dessen Ausspruch vielmehr dann erst gesucht und begründet werden muss*. Es ist hier der Missbrauch der vergleichenden Methode, den ich schon in der methodologischen Einleitung gerügt. Wenn wir gleich bei einer Reihe von Pflanzen an bestimmter Stelle in bestimmter Ordnung fünf Blätter finden, und bei einer andern mit den vorigen vielfach verwandten Pflanze nur vier, so muss uns allerdings die Vergleichung darauf leiten, hier ein Fehlschlagen eines Blatts zu vermuthen und uns zur Untersuchung auffordern, aber eben diese Untersuchung ist es ganz allein, welche über das wirkliche Fehlschlagen entscheiden kann. Jeder andere Versuch ist ein ebenso unmöglicher als unwissenschaftlicher. Der einzige Fall wäre auszunehmen, wenn wir aus constitutiven metaphysischen Principien in mathematischer Entwickelung ein Gesetz ableiten könnten, nach welchem an dieser Stelle gerade fünf Blätter stehen müssten, wo dann die durch ein ausnahmsloses, mathematisch bestimmtes Gesetz bedingte Nothwendigkeit genügen würde, den Ausspruch zu begründen: »hier muss ein Blatt für die Erscheinung zu Grunde gegangen sein.« Dergleichen Gesetze haben wir aber ausser der reinen Bewegungslehre überall noch nicht in unserer Naturwissenschaft, am allerwenigsten in den dürftigen, empirischen Anfängen unserer botanischen Bestrebungen.

---

b. *Structurverhältnisse der Blattorgane.*

§. 131.

1. Das sich bildende Blatt besteht wie alle sich bildenden Pflanzentheile ausschliesslich aus Zellgewebe, erst allmälig organisiren sich bestimmte Zellgewebs-

* Man vergleiche hierüber die vortrefflichen Entwickelungen in *Fries*, Versuch einer Kritik der Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Braunschweig 1842.

stränge zu Gefässbündeln, und zwar geht dieser Process von den Gefässbündeln der Axe aus und schreitet allmälig in das Blatt hinein fort. In vielen Blattorganen namentlich der Blüthentheile bilden sich niemals Gefässbündel. Man nennt die Gefässbündel der Blätter mit höchst ungeschickt gewählten Ausdrücken Nerven oder Adern (*nervi*, *venae*). Bei Monocotyledonen mit unentwickelten Stengelgliedern treten die sämmtlichen (?) ganzen Gefässbündel des durch das Blatt nach Oben begrenzten Stengelgliedes in das Blatt ein. Bei allen übrigen Pflanzen sind wenigstens viele in das Blatt eintretende Gefässbündel nur Abzweigungen der Gefässbündel der Axe, bei den Dicotyledonen ausschliesslich oder doch grösstentheils von dem Rande der Gefässbündelschlinge der Axe ausgehend. Der Verlauf der Gefässbündel im Blatte hängt wesentlich von dessen Form ab. Bei flachen Blättern, Blattstielen oder Scheidentheilen liegen auch die Gefässbündel in einer Fläche, bei verhältnissmässig dicken Blättern u. s. w. liegen sie zerstreut (Palmen), oder in einem Kreise (*Aloe*-, *Mesembryanthemum*-Arten). Selten verlaufen die Gefässbündel getrennt durch das ganze Blatt (wie bei den letztgenannten), meist anastomosiren sie vielfach miteinander durch Seitenäste, häufig im Blattstiel, so dass alle eintretenden Gefässbündel sich zu einem einzigen vereinen und dann in der Blattscheibe wieder auseinandertreten. Die Form der Verbindungen ist sehr mannigfaltig, bei vielen Monocotyledonen nur durch kurze, rechtwinklig abgehende Aeste, bei andern und den meisten Dicotyledonen mannigfaltiger, so dass ein Netz mit polygonen Maschen sich bildet.

Insbesondere hat *De Candolle** sich grosse Mühe gegeben, die Vertheilung der Gefässbündel im Blatt auf gewisse Typen zurückzuführen und auf die Eintheilung der Pflanzen in bestimmte Gruppen anzuwenden. Ich kann keine Gesetzmässigkeit darin erkennen. Die Vertheilungsweise ist so mannigfach, wie die Blattformen selbst, von denen sie eben abhängig ist, während *De Candolle* seltsamer Weise die Sache umkehrte. Die nächst verwandten Pflanzen zeigen hier oft wie verschiedene Blattformen, so auch ganz verschiedene Vertheilungsweise der Gefässbündel, z. B. *Alisma natans* und *Plantago*, *Funkia* und *Hemerocallis*, *Hydrocharis* und *Vallisneria*, *Taxus* und *Salisburia*, *Dortmanna* und *Isotoma*, *Sedum* und *Bryophyllum*, *Peireskia* und *Opuntia*, *Salicornia* und *Beta*, *Dianthus* und *Lychnis* u. s. w. Allgemeine Gesetze sind deshalb noch durchaus nicht aus diesen Thatsachen abzuleiten, obwohl es recht und nützlich ist, wie überall, die einzelnen Gruppen, Familien, Geschlechter und Arten auch in dieser Beziehung aufs Genaueste zu untersuchen und zu charakterisiren. Man kann bei vielen flachen Blättern einen die Mittellinie des Blattes durchlaufenden Hauptnerven und von diesem ausgehende Hauptseitennerven unterscheiden. Je nachdem letztere bei ihrem Abgange einen scharfen Winkel oder einen gegen den Hauptnerven convexen Bogen machen, unterscheidet *De Candolle*** *folia angulinervia* und *curvinervia*; die letzteren will er den Monocotyledonen vindiciren; sie finden sich aber auch häufig bei Dicotyledonen. Wenn dagegen von der Basis des Blattes an dasselbe von mehreren gleich starken Nerven durchzogen ist, nennt *De Candolle* dasselbe *folium rectinervium*. Diese Hauptabtheilungen werden dann weiter eingetheilt. Andere, z. B. *Link* und *Lindley*, haben andere Eintheilungen, weil sie die Haupteintheilung nach anderen Formen machen. Diese verschiedenen gleich berechtigten Ansichten zeigen schon, dass hier noch an kein Gesetz zu denken ist. Für die Charakterisirung der Pflanzen und Pflanzengruppen sind aber diese Verhältnisse ebenfalls noch völlig unanwendbar, einzelne wenige Fälle, wo sich innerhalb

---

* *Organographie végétale, T. I. p.* 289 *sqq.*

** a. a. O.

gewisser Gruppen gewisse Verhältnisse constant zeigen, z. B. bei Melastomeen, Scitamineen u. s. w. abgerechnet, was aber im Ganzen sehr selten ist.

2. Auch die Gefässbündel des Blattes sind succedane Gefässbündel, und zwar bilden sie sich so, dass die ältesten Theile (das Blatt als horizontal von der Axe abgehend gedacht) nach Oben liegen, die jüngern Theile nach Unten. Nach Unten zeigt sich auch bei den Dicotyledonen eine Cambialschicht; nach Unten begleiten Bastbündel die Gefässbündel, und nach Unten springen die Gefässbündel bei verhältnissmässig dünnen und flachen Blättern über die Fläche hervor (wahrscheinlich in Folge der allmäligen Bildung), während die obere Blattfläche eben erscheint.

Ueber die Entwickelung der Gefässbündel im Blatte fehlt es bis jetzt noch gänzlich an Untersuchungen, insbesondere bedürfen wir genauer Beobachtung des Verhaltens ungeschlossener Gefässbündel der Dicotyledonen und ihres Verhaltens bei längerer Dauer des Blattes. Bei *Pinus* und *Abies* glaube ich an zweijährigen Blättern zwei Lagen des Gefässbündels (den Jahresringen ähnlich) unterscheiden zu können.

3. Das Parenchym des Blattes entwickelt sich im höchsten Grade verschiedenartig. Im Allgemeinen ist es bei dicken, massigen Blättern nach Aussen kleinzelliger, enger, mehr Chlorophyll führend, nach Innen grosszelliger, lockerer, mit wässerigen Säften erfüllt. Oefter geht jene äussere Schicht in ein Gewebe über, dessen Zellen senkrecht auf die Oberfläche des Blattes in die Länge gestreckt sind, sich dicht, fast ohne Spur von Intercellulargängen aneinander legen und sich so ziemlich scharf von dem übrigen Parenchym absetzen, und nicht nur bei runden oder dreikantigen Blättern, sondern auch bei flachen, z. B. vielen neuholländischen Myrtaceen im ganzen Umfange des Blattes sich finden. Bei flachen Blättern insbesondere der Dicotyledonen findet sich sehr häufig eine Trennung in zwei Lagen, deren obere die eben erwähnten senkrecht auf die Blattfläche gestreckten Zellen mit vielem Chlorophyll hat, während die untere aus lockerem, kugeligen oder noch öfter schwammförmigen Parenchym mit weniger Chlorophyll besteht. Bei dicken, lederartigen oder fleischigen Blättern, z. B. bei *Ficus*- und *Peperomia*-Arten liegen oft eine oder mehrere Schichten fast nur mit wässerigen Säften erfüllter Zellen zwischen jener obern Schicht und der Oberhaut, seltner ähnlich an der untern Blattfläche. Ausserdem kommen, im Parenchyme zerstreut oder an bestimmten Stellen nach specifischer Eigenheit, Spiralfaserzellen, stark verdickte poröse Zellen, Zellen mit besondern Säften und Krystallen vor. Nicht minder findet man Milchsaftgefässe und Gänge, Gummi-, Oel- und Harzgänge, auch einzelne Bastbündel, letztere insbesondere in den schmalen, langen Blättern der Monocotyledonen; auch Luftcanäle und Luftlücken, erstere oft in sehr regelmässiger, zum Theil zierlicher Stellung zeigen sich in den Blättern.

Auch hier lässt sich so wenig etwas Allgemeines festsetzen, als bei der Axe. Fast alle Combinationen der Formen der Elementarorgane und der verschiedenen Gewebe kommen in den Blättern vor, und es hat die Sache in ein sehr schiefes Licht gestellt, dass man rein willkürlich einige oft nicht einmal im Ganzen häufig vorkommende, sondern nur häufiger beobachtete Verhältnisse herausgegriffen und als Norm hingestellt hat, zu der sich dann die andern wie Abweichungen verhalten sollten. Man braucht nur allein die Blätter der Orchideen einer etwas umfassendern Untersuchung zu unterwerfen, um schon eine solche Mannigfaltigkeit der Combination zu erhalten, dass man vorläufig gewiss es aufgiebt, die Sache auf einfache Gesetze zurückzuführen; die Aloineen, Crassulaceen, Ficoideen, Piperaceen, Proteaceen u. s. w. geben ähnliche Beispiele. Bei vielen Pflanzen ist allerdings jene Trennung in ein gestreckteres,

dichteres, grüneres und ein allseitig ausgedehntes, lockeres und blasseres Parenchym deutlich ausgesprochen, doch giebt es auch unzählige Pflanzen, bei denen dies nicht der Fall ist, sowohl unter den Dicotyledonen, als insbesondere bei den meisten Monocotyledonen, so dass man durchaus unberechtigt ist, dies den gesetzmässigen Blattbau zu nennen. Ohnedies wäre dies nur insofern thunlich, als man ebenso willkürlich das flache Blatt als das gesetzmässige ansieht. Einzelnheiten, wie z. B. das häufige Vorkommen von Spiralfaserzellen in den Blättern tropischer Orchideen und ebenso ausgezeichnet bei *Gessneria latifolia**, dasselbe in den Nebenblättern der Paronychieen — die eigenthümlichen sternförmigen Haare, die in die Luftcanäle von *Nymphaea*, *Nuphar*, *Euryale etc.* hineinragen**, — die ganz ähnlichen seltsamen, oben und unten kolbigen, zuweilen verästelten und stark verdickten Zellen, welche die Schicht gestreckten Parenchyms bei *Nymphaea*-, *Nuphar*- und *Hackea*-Arten (z. B. *Hackea pectinata*) durchsetzen, — die dickere oder dünnere Lage von fast wasserhellem Zellgewebe, welches bei vielen *Peperomia*- und bei einigen *Ficus*-Arten u. a. die Schicht gestreckten Zellgewebes bedeckt, während nah verwandte Pflanzen nichts Aehnliches zeigen, — die ungeheuern oft fast die ganze Blattdicke durchsetzenden Krystalle bei den Agaven und bei *Pontederia crassipes*, — die von den Scheidewänden der Luftcanäle aus in diese oft auf zwei Seiten hineinragenden Zellen mit Krystallbündeln (*Turpin's biforines*) bei Aroideen, mit einzelnen grossen Krystallen bei Pontedereen, oder mit Krystalldrüsen bei *Myriophyllum* und *Proserpinaca*, — die häufig mit so zierlicher Regelmässigkeit angeordneten Luftcanäle in den meisten Wasser- und Sumpfpflanzen — die Luftlücken in den Blättern der Gräser*** u. a. sind lauter specifische Eigenheiten, die nicht von allgemeinen Gesetzen abgeleitet werden können, oder unter allgemeine Gesichtspunkte zusammenzufassen sind. Wenn Milchsaftgefässe vorhanden sind, folgen diese meist den Gefässbündeln und liegen dann an der untern Seite, doch laufen auch oft einzelne Milchsaftgefässe isolirt durchs Parenchym. Vergleicht man die Entwickelung der Gefässbündel des Blattes mit dem der Axe, so entspricht, wie auch der natürliche Zusammenhang von Blatt und Axe andeutet, die untere Blattfläche der Rinde, und demgemäss findet man auch, dass sich zuweilen die äussere Rindenlage eine grössere oder geringere Strecke weit ins Blatt hinein fortsetzt.

Ueber den Bau der Schläuche ist wenig zu sagen, die meisten sind noch nicht untersucht. Bei *Nepenthes* enthält die Schlauchwand wie die ganze Pflanze eine grosse Menge feiner Spiralfaserzellen. Bei *Utricularia* sind die Intercellulargänge in der Schlauchwand auffallend gross und würden sich nach Aussen und Innen öffnen, wenn sie nicht hier jedesmal durch eine oder zwei kleine pfropfförmige Zellen geschlossen wären, die auf der innern Seite die eigenthümlichen vierarmigen Haare, auf der äussern eine oder zwei flachrunde Zellen tragen.

4. Alle Blattorgane zeigen bald nach ihrem Entstehen ein zartes Epithelium, welches bei den gesetzmässig unter Wasser oder in der Erde sich entwickelnden in Epiblema, bei den an der Luft vegetirenden in Epidermis übergeht. Einige Blüthentheile bilden sich eine eigenthümliche Art der Bekleidung zwischen Epithelium und Epidermis die Mitte haltend, wovon unten zu reden ist. Dem Epiblema fehlen stets die Spaltöffnungen. Die Epidermis hat gewöhnlich welche. Bei den flachen, horizontalen Blättern fehlen sie überwiegend häufig der obern Epidermis

---

* Aber bei keiner Verwandten, die ich untersuchen konnte. Hier ist die allmälige Umwandlung reiner Spiralen in poröse Bildungen mit spaltenartigen Poren äusserst leicht zu verfolgen.

** Aehnliches seltsamer Weise auch bei einem Rhizom von *Rumex crispus* (?).

*** Hier erkennt man schon im ganz jungen Blatte die Gruppe ganz zartwandigen, grosszelligen, wasserhellen Parenchyms, welches bestimmt ist, durch Zerreissung die Luftlücken zu bilden, z. B. *Arundo Donax*.

und finden sich meist nur da, wo unter der Oberhaut lockeres oder schwammförmiges Zellgewebe ist. Bei schwimmenden Blättern dagegen hat nur die obere Epidermis Spaltöffnungen und durch die obere Schicht gedrängten, langgestreckten Parenchyms führen von denselben Luftcanäle in das untere lockere Parenchym, ebenso bei den Blättern, die rund umher mit jenem dichten, gestreckten Zellgewebe umgeben sind. Ausserdem kommen alle appendiculären Theile der Epidermis gelegentlich an den Blättern vor und selbst Korkbildung findet man zuweilen an den Blattstielen ausdauernder Blätter, z. B. an einigen *Pothos*- und *Ficus*-Arten, so wie an den Blättern von *Crassula*, *Bryophyllum* u. a. Meist führen die Oberhautzellen eine klare, wasserhelle Flüssigkeit, zuweilen besonders auf der untern Blattfläche gefärbte (rothe) Säfte, seltner Krystalle, noch seltner eigenthümliche Stoffe als Harze und dergleichen. Die Form der Oberhautzellen richtet sich nach der Blattform, schmale langgestreckte Blätter haben auch in derselben Richtung gestreckte Oberhautzellen. Wie bemerkt sind die seitlichen Scheidewände der Oberhautzellen öfter wellenförmig gebogen, doch ist selbst die Statistik dieses Verhältnisses zu wenig ausführlich, um auch nur auf Möglichkeiten der Erklärung zu kommen.

Ueber den Bau der Epidermis und der Spaltöffnungen ist schon im ersten Theile genügend gesprochen; über das Vorkommen der einzelnen appendiculären Theile der Epidermis lässt sich nichts Allgemeines sagen, als etwa die Bemerkung, dass Haare im Ganzen bei den Blättern der Monocotyledonen verhältnissmässig sehr selten sind. Eins muss ich noch erwähnen, dass nämlich zuweilen die Blätter in der Knospe Haare haben, die bei der freien Entwickelung abfallen und dann eigenthümliche Narben zurücklassen, die oft verkannt und für etwas Besonderes gehalten sind. Ein Beispiel giebt *Nuphar luteum**. Häufiger noch sind Haare, die aus einer cylindrischen Zelle bestehen, welche eine kugelförmige Zelle trägt, und in einem Grübchen der Epidermis befestigt sind, welches sie fast ganz ausfüllen; auch sie werden oft zerstört und lassen täuschende Narben zurück. Immer zeigt die Epidermis in ihrer unmittelbaren Nähe einige Eigenheiten. Beispiele sind: die meisten Piperaceen (*Piper obtusifolium*) und viele tropische Orchideen (*Pleurothallis ruscifolia*). Wie schon bei der Epidermis erwähnt, zeichnen sich einige Blätter durch eine besondere Vertheilungsweise der Spaltöffnungen aus. Bei *Nerium*, *Banksia* und *Dryandra* finden sich kleine, mit Epidermis ausgekleidete, am Rande mit Haaren besetzte Grübchen auf dem Blatte, auf deren Boden sich allein einige Spaltöffnungen befinden. Bei *Saxifraga sarmentosa* und *cuscutaeformis* liegen die Spaltöffnungen in grösseren Gruppen ganz dicht beisammen. Gewöhnlich ist der Längsdurchmesser der Spaltöffnungen bald so, bald so gewendet. Bei den verhältnissmässig sehr in die Länge gestreckten Blättern ist er dem Längsdurchmesser des Blattes parallel (Gräser, Liliaceen, Coniferen). Ebenfalls ist schon von der eigenthümlichen Secretionsschicht bei den Blättern gesprochen, die bei einigen Pflanzen besonders bei fleischigen Blättern mit lederartiger Oberhaut eine sehr bedeutende Dicke anzunehmen pflegt, und eben die lederartige Beschaffenheit der Oberhaut bedingt. Selten, wie z. B. bei *Hydropeltis*, ist diese Absonderungssubstanz von ganz weicher gallertartiger Beschaffenheit. Einige Blätter, z. B. bei vielen *Saxifraga*-Arten haben an ihrem Rande kleine Gruppen sehr zartwandiger Zellen voll trüben Inhalts, über denen die Epidermis nicht ausgebildet ist, sondern im Zustande des Epithelium verharrt. Von diesen Zellengruppen wird die grosse Menge kohlensauren Kalkes abgesondert, welcher auf diesen Blättern vorkommt. Ueber die Entwickelung einzelner Zellen und Zellengruppen des Blattes zu neuen Pflanzen werde ich unten im Zusammenhang bei der Fortpflanzung sprechen.

---

* *Wiegmann's* Archiv Jahrg. IV, (1838) Bd. 1. S. 51.

c. *Vollständige Uebersicht der Blattorgane.*

§. 132.

Man trennt hier zweckmässig die Blüthentheile von den übrigen Blattorganen und nennt letztere Laubblätter (*folia sensu stricto*), die ersteren Blüthenblätter (nicht Blumenblätter), *phylla*.

1. Laubblätter (*folia*).

A. Keimblätter (*cotyledones*). Meist stielrund oder flach, fleischig, wenig getheilt und nie zusammengesetzt. (Vergl. unten beim Embryo).

B. Stengelblätter (*folia caulina*)*. Ihre Formen sind sehr verschieden, wie in den vorigen Paragraphen entwickelt; gewöhnlich sind die unmittelbar auf die Keimblätter folgenden einfacher, werden allmälig vollkommener und nach Oben in der Nähe der Blüthen häufig wieder einfacher. Fadenförmige Blätter oder Blatttheile, die sich um andere Gegenstände schlingen, nennt man Ranken (*cirrhi*), z. B. *Pisum*, *Clematis*, fadenförmige, wenn sie steif und spitz sind, Dornen (*spinae*); sehr hohle Blätter, die eine Becher- oder Kannenform zeigen, Schläuche (*asci*), z. B. *Nepenthes*, *Saracenia*, *Utricularia*. Nach ihrer verschiedenen Stellung unterscheidet man noch von den Laubblättern im Allgemeinen:

a. Blüthenständige Blätter (*folia floralia*). Von den Stengelblättern nicht unterschieden, aber in ihrer Achsel eine Blüthe oder einen einfachen Blüthenstand tragend.

b. Deckblätter (*bracteae*). Von den Stengelblättern verschiedene Blätter, die in ihrer Achsel eine Blüthe oder einen einfachen Blüthenstand tragen, z. B. die scharlachrothen Blätter bei *Salvia horminum*. Hierher gehören auch die *glumae* der Gräser, die nichts als zwei Bracteen sind, die gewöhnlich keine Blüthe in ihrer Achsel haben, und die Blätter, welche das Köpfchen der Compositen umgeben. Mehrere Deckblätter, welche einen Blüthenstand einschliessen, werden auch Hülle (*involucrum*) genannt. Die bald vertrocknenden Bracteen der Synanthereen nennt man Spreublättchen (*paleae*), ein völlig unnützes Wort.

c. Deckblättchen (*bracteolae*), von den Stengelblättern verschiedene Blätter, die unter der Blüthe, aber an der Axe derselben stehen, z. B. die zwei Blätter unter der Blüthe von *Aconitum* u. s. w.

C. Knospendecken (*tegmenta*), die sehr einfachen, meist häutigen und bald abfallenden äussern Blätter der eine Zeitlang unentwickelt bleibenden Knospen. (Vergl. unten über die Knospen).

2. Blüthenblätter (*phylla*), vergl. unten die Blüthe.

A. Blüthenhüllblätter (*phylla perigonii*).
B. Aussenkelchblätter (*phylla epicalycis*).
C. Kelchblätter (*sepala*).
D. Blumenblätter (*petala*).
E. Nebenblumenblätter (*parapetala*).

---

* Hier ist der Ausdruck passend, als Gegensatz zu *f. radicalia* ohne Sinn, denn Blätter kommen niemals aus der Wurzel.

F. Staubfäden (*stamina*).
G. Nebenstaubfäden (*parastemones*).
H. Fruchtblätter (*carpella*).

D. Von den Knospenorganen (*Gemmae*).

a. *Von den Knospen im Allgemeinen.*

§. 133.

1. Knospe ist das unentwickelte, aber entwickelungsfähige Ende einer Haupt- oder Nebenaxe. Man kann unterscheiden 1. Terminalknospe (*gemma terminalis*), das entwickelungsfähige Ende einer schon ausgebildeten Axe; 2. Axillarknospe (*gemma axillaris*), das entwickelungsfähige Ende der in einer Blattachsel regelmässig neu entstehenden (Neben-) Axe; da in einer Blattachsel regelmässig mehrere Knospen entstehen können, so nennt man die sich in der Regel am kräftigsten entwickelnde die Hauptknospe, die andern Beiknospen (*gemma axillaris primaria* und *accessoria*); und endlich 3. Nebenknospen (*g. adventitiae*), die entwickelungsfähigen Enden der irgendwo an einer Pflanze unregelmässig neu entstehenden (Neben-) Axen. Bei allen dreien kann man unterscheiden ununterbrochen sich fortentwickelnde Knospen (*g. vegetatione continua*), und solche, deren vegetative Thätigkeit nach ihrer Ausbildung als Knospe eine Zeitlang ruht, ehe sie sich weiter entwickeln (*g. vegetatione interrupta*)*. Endlich kann man noch unterscheiden Knospen, die sich im natürlichen Lauf der Vegetation von der Mutterpflanze trennen und zu selbstständigen Pflanzen werden, Brutknospen (*g. plantiparae*), und solche, die mit der Mutterpflanze für immer verbunden bleiben (*g. ramiparae*). Endlich nach der Natur der später sich aus der Knospe entwickelnden Blattorgane unterscheidet man Blüthenknospen (*g. floriparae, alabastrus*), Blattknospen (*g. foliiparae*) und gemischte Knospen (*g. mixtae*).

Knospe ist die noch unentwickelte Anlage zur Verlängerung einer schon vorhandenen Pflanzenaxe oder zur Bildung einer neuen an einer schon vorhandenen. Schon deshalb, weil es nicht in der Natur der phanerogamen Pflanze liegt, nothwendig Laubblätter zu haben, ist es zum Begriff der Knospe auch nicht nothwendig, dass sie Blattanlagen enthält, um so weniger aber, da jedesmal der Blattanlage die Anlage zu einem Axenorgan vorhergeht, also der jüngste Zustand der Knospe sicher ein solcher ist, wo noch keine Blattanlagen sich zeigen. Ich habe auch die Axillar- und Nebenknospen entwickelungsfähige Enden einer Axe genannt, statt sie als die ganze Axe in unentwickeltem Zustande zu bezeichnen. Es giebt aber so eine einfachere und allgemeinere Definition und die erste Entstehung dieser Knospe scheint mir innerhalb des schon vorhandenen Parenchyms vor sich zu gehen, so dass das, was sich über die Fläche als sichtbare Knospe erhebt, doch eben so gut als das Ende einer bestimmten Zellgewebsmasse betrachtet werden kann. Ueber die Entstehung der Axillar- und Nebenknospen werde ich aber erst unten bei der Fortpflanzung sprechen. Eine Eigenthümlichkeit darf ich hier aber nicht unerwähnt lassen, nämlich das gänzliche Fehlen entwickelungsfähiger Terminalknospen bei gewissen Pflanzen. Ganz ausnahmslos kommt dies den Lemnaceen zu, deren flacher scheibenförmiger Stengel stets nur zwei Axillarknospen bildet, aber gar keine Terminalknospe hat. Sodann findet sich dieses

* Die *Linné hibernacula* nannte.

merkwürdige Verhältniss an den oberirdischen Stämmen von *Ruscus*, indem sich jeder Ast erst flach blattartig ausbreitet und dann statt mit einer Terminalknospe mit einem Dorn endigt. Dies gilt sowohl für die ganz kurzen blüthentragenden Seitenäste, als auch für die dünnen langgestreckten Hauptäste, aus deren Blattwinkeln jene Blüthen tragenden Aeste entspringen. Nicht zu verwechseln damit ist die Erscheinung, wenn die Terminalknospe zwar vorhanden ist, aber überwiegend häufig abortirt, wie z. B. bei *Syringa vulgaris*, oder constant zur Blüthenknospe wird wie bei *Viscum album*. Die so häufig in Blattachseln vorkommenden Beiknospen (vergl. *Roeper* in der *Linnaea* Bd. 1. S. 461.), z. B. bei *Aristolochia Sipho*, *Gymnocladus canadensis*, verdienen gewiss noch eine genauere Untersuchung der Entwickelungsgeschichte; oft mögen sie allerdings alle zusammen nur die secundären Axillar- und Terminalknospen einer einzigen, der eigentlichen primären Axillarknospe darstellen, z. B. gewiss bei *Cornus mascula*, *Ptelea trifoliata*, *Salix capraea*, den Malvaceen, in andern Fällen scheint es wenigstens wahrscheinlich, wie bei *Aristolochia Sipho*, aber in noch andern, wenigstens beim ausgebildeten Zustand höchst unwahrscheinlich, z. B. bei *Gymnocladus*. Jede Terminalknospe ist nur das sich fortentwickelnde Ende einer einfachen Axe und ist der Möglichkeit nach unbegrenzt; nur die Ausbildung der letzten Blatt- und Axenorgane zu normalen Blüthentheilen, und wie es scheint, die Unmöglichkeit der fernern Endosmose und also der Ernährung, wenn sich die Terminalknospe gar zu weit von ihrer Nahrungsquelle (dem Boden) entfernt hat, giebt hier eine Grenze. Dass der erste Abschluss nicht nothwendig nach morphologischen Gesetzen der Grundorgane zu einer bestimmten Zeit erfolgen müsse, zeigen die durchwachsenden Blumen; dass die letzte Begrenzung des Längswachsthums eben so äusserlich ist, beweist die Möglichkeit, das äusserste Ende eines alten Stammes als Steckling zu neuem Längswachsthum zu bringen. *Link's* (*El. ph. bot. Ed. II. I.* 335.) Unterscheidung von geschlossenen und offenen Knospen ist völlig nichtssagend. Alle Knospen sind anfänglich geschlossen, alle während der Entwickelung offene Knospen. Es kommt nur darauf an, ob sie sich gleich entwickeln, oder eine Zeitlang als Knospen verharren.

2. Mit Ausnahme der ächten Knolle (*tuber*) bei *Solanum*, *Helianthus* und der Knollenknospen (*tubercula*) haben alle Knospen eine bestimmte Anzahl der Anlage nach fertiger Blattorgane. Diese Blattorgane haben eine specifisch bestimmte Art der Zusammenfaltung (*vernatio*) und der gegenseitigen Lage (*foliatio*)*. Aus der Entstehung der Blattorgane geht hervor, dass dieselben, wenn ihrer mehrere auf gleicher Höhe stehen, immer einmal in der Lage sein werden, wo ihre Ränder sich berühren (*vernatio simplex*, *foliatio valvata*)**. Oft bleibt diese Lage während des ganzen Knospenzustandes, oft ändert sie sich durch Ursachen, die noch nicht sattsam erforscht sind, in andere um, die aber grösstentheils in der individuellen Ausbildung des einzelnen Blattes begründet zu sein scheinen. Für die *vernatio* kann man folgende Hauptformen unterscheiden: Die Blattorgane sind entweder der Länge nach oder der Quere nach zusammengebogen, oder unordentlich faltig zusammengedrückt (*vern. corrugativa*). Bei der Länge nach zusammengebogenen unterscheidet man scharfe Falten von runden Biegungen.

---

* *Linné* brauchte den Ausdruck *foliatio* in dem Sinne wie ich. Später substituirte man ohne Grund die Worte *vernatio*, *praefoliatio* bei Blattknospen, *aestivatio*, *praefloratio* bei Blüthenknospen. Ich beschränke hier *vernatio* auf die angegebene Weise. Die Sache bedarf einer Bezeichnung und das Wort ist einmal da. Hier ist abermals ein Beispiel von der gänzlichen Unwissenschaftlichkeit der Terminologie. Die vier letzten Ausdrücke sind völlig überflüssig, da es bei diesem Verhältniss sehr gleichgültig ist, ob das Blattorgan so oder so modificirt ist. Dagegen bezeichnet man die Zusammenfaltung des einzelnen Blattes für sich, so wie seine relative Lage zu andern, was offenbar ein wesentlicher Unterschied ist, mit demselben Worte.

** Bei nur zwei Blättern mit einem überflüssigen Worte *foliatio applicativa* genannt.



A. Scharfe Falten.

a. *Vernatio duplicativa.* Einfach auf die obere Blattfläche (vorwärts) zusammengefaltet, z. B. *Quercus*, *Tilia*, die *lamina* bei *Liriodendron.*

b. *Vern. replicativa.* Ebenso auf die untere Blattfläche rückwärts zusammengefaltet?

c. *Vern. implicativa.* Von beiden Rändern her nach vorwärts scharf eingefaltet, z. B. Blüthenhülle von *Clematis.*

d. *Vern. plicativa.* Vielfache Längsfalten, z. B. *Fagus*, *Carpinus*, obwohl nicht ganz eigentlich, genauer bei *Alchemilla* und noch besser bei *Panicum plicatum.*

B. Runde Biegungen.

e. *Vern. convolutiva.* Einfach aufgerollt, z. B. *Calla*, *Prunus.*

f. *Vern. involutiva.* Mit beiden Rändern zugleich vorwärts aufgerollt, z. B. *Alisma*, *Populus.*

g. *Vern. revolutiva.* Ebenso rückwärts aufgerollt, z. B. *Salix*, *Nerium.*

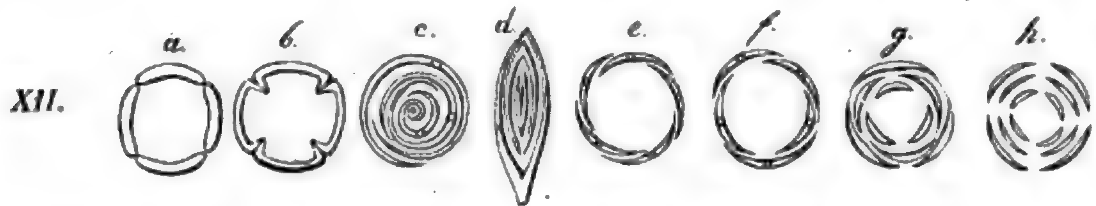
Bei der Quere nach zusammengebogenen Blättern sind die wichtigsten Verschiedenheiten:

h. *Vern. inclinativa.* Vorwärts eingebogen, z. B. der Blattstiel von *Liriodendron*, *Hepatica.*

i. *Vern. reclinativa.* Rückwärts eingebogen, z. B. *Aconitum.*

k. *Vern. circinata.* Von der Spitze bis zum Grunde vorwärts aufgerollt, z. B. *Cycas.*

Bei der *foliatio* unterscheidet man die Lage der Blattorgane untereinander im Allgemeinen, von der Lage einzelner Kreise von Blattorganen zu einander. In erster Beziehung hat man bis jetzt folgende Verhältnisse hervorgehoben:



A. *Foliatio valvata.* Wenn die Blätter sich nur berühren, ohne sich mit ihren Rändern zu decken.

a. *Fol. valvata sensu stricto*, bei *vernatio simplex.* Blume an *Stapelia.* [*Fol. induplicativa* (?), bei *vern. duplicativa.*]

b. *Fol. implicativa,* bei *vern. implicativa*, z. B. Blüthenhülle, bei *Clematis.*

B. *Foliatio amplexa.* Wenn jedes äussere Blatt alle innern umfasst.

c. *Fol. convolutiva*, bei *vernatio convolutiva*, z. B. *Prunus armeniaca.*

d. *Fol. equitans*, bei *vernatio duplicativa*, z. B. *Iris.*

C. *Foliatio semiamplexa.* Wenn jedes Blatt mit dem einen Rande umfasst, mit dem andern umfasst wird.

e. Fol. contorta bei *vernatio simplex* (mehr als drei Blätter), z. B. die Blume von *Dianthus*, *Linum*.
Fol. obvolutiva bei *vernatio duplicativa*, z. B. *Lychnis*.

D. Foliatio quincuncialis. f. Wenn fünf Blätter so liegen, dass zwischen zwei äussern ganz ungedeckten und zwei innern ganz gedeckten ein fünftes so eingeschoben ist, dass es eins der innern Blätter mit einem Rande deckt, an dem andern Rande aber von einem äussern gedeckt wird, z. B. bei der Blume von *Rosa*.

E. Foliatio connata. Wenn die Blätter eines Kreises so vollständig und so innig mit einander verwachsen sind, dass sie bei Entwickelung an ihrer Gesammtbasis abreissen und als Mützchen abfallen, wie bei einigen Kelchen, z. B. *Eucalyptus*, *Eschscholzia*, Bracteen, z. B. *Aponogeton distachyon etc.*

Endlich in Beziehung auf die Lage einzelner Kreise von Blattorganen zu einander hat man bis jetzt unterschieden:

A. Foliatio alternativa. g. Wenn die Theile des einen Kreises vor den Zwischenräumen zwischen den Theilen des andern stehen, z. B. Kelchblume und Staubfäden bei *Lysimachia*.

B. Foliatio oppositiva. h. Wenn die Theile des einen vor den Theilen des andern Kreises stehen*.

Aus der hier gegebenen möglichst logisch geordneten Uebersicht ergiebt sich auf den ersten Blick, dass wie fast überall, so auch bei der Lage der Blattorgane in der Knospe die Terminologie ohne alle Uebersicht und Anordnung der möglichen Verhältnisse, ohne vollständige Durchforschung des Wirklichen und also ganz ohne alles Princip zusammengewürfelt ist, wie gerade dem einen oder andern Forscher diese oder jene Form vorkam und von ihm ohne Berücksichtigung des schon Bestehenden, ohne wissenschaftliche Consequenz mit einem neuen Kunstwort bezeichnet wurde. Es fehlen deshalb auch hier für die wesentlichsten Unterschiede festgestellte Kunstwörter und für gleiche Sachen haben wir eine Menge verschiedene Worte, die ich als völlig überflüssig hier weggelassen habe. Einige andere Ausdrücke, die nur bestimmte Formen bei einigen Pflanzen einzelner Familien bezeichnen, z. B. *foliatio cochlearis* bei den Blumen von *Aconitum* und *Lamium*, *foliatio vexillaris* bei den Blumen der Papilionaceen haben gar keinen allgemeinen Werth und gehören entschieden nur dem speciellen Theil, der Beschreibung einzelner Gruppen an. Für die gemeinschaftliche Lage der Blattorgane in der Knospe habe ich *Linné's* Ausdruck *foliatio* als den ältesten und zweckmässigsten festgehalten und für die Lage des einzelnen Blattes den Ausdruck *vernatio*, der sonst völlig überflüssig ist, genommen, da eine Unterscheidung dieser beiden Verhältnisse unerlässlich ist.

3. Da die ununterbrochen fortwachsenden Knospen in Axen- und Blattorgane übergehen, so ist von ihnen ausser dem Vorigen nichts Allgemeines zu bemerken, was nicht schon bei Blatt- und Axenorganen erwähnt wäre. Wichtiger sind dagegen die Knospen mit unterbrochener Vegetation, die scheinbar als eigne Organe der Pflanze auftreten. An diesen finden wir, dass die äussersten (untersten) Blätter eigenthümlich modificirt sind, indem ihre Formen einfacher erscheinen, als die später sich entwickelnden inneren (oberen) Blätter derselben Knospe. Man kann

* Vielleicht in der Natur gar nicht vorhanden. Die meisten Beispiele, die man anzuführen pflegt, z. B. die Blüthentheile der Berberideen, Thymeleen u. s. w. sind nur wegen oberflächlicher Beobachtung hierher gezogen; bei den ersten sind alternirende dreitheilige, nicht opponirte sechstheilige Kreise, bei den letzten eben so zweitheilige, nicht viertheilige.

sie ganz allgemein Knospendecken* (*tegmenta*) nennen und nach ihrem verschiedenen Ursprung *tegmenta foliacea*, z. B. bei *Fagus*, *Aesculus*; *t. stipulacea*, z. B. bei *Carpinus*, *Corylus*, *Betula*, endlich *t. vaginalia* bei den Zwiebeln von *Allium*, *Lilium etc.* unterscheiden. Ausserdem zeigt sich noch ein wesentlicher Unterschied zwischen den Brut- und Zweigknospen, indem erstere entweder in allen ihren Theilen, wie die meisten Zwiebeln und Zwiebelknospen (*bulbus*, *bulbillus*), z. B. *Lilium candidum* und *bulbiferum*, oder nur in ihren Axenorganen, wie bei den ächten Knollen (*tuber*), z. B. bei *Solanum tuberosum*, oder nur in ihren Blattorganen, wie bei dem sogenannten *bulbus solidus*, z. B. bei *Allium ursinum*, oder endlich nur in einem bestimmten Theil ihrer Axe, wie z. B. bei den einheimischen Orchideen, bei Georginen, auffallend massig (fleischig) entwickelt sind, während bei den Zweigknospen dergleichen nicht stattfindet. Dagegen fallen bei diesen die Knospendecken in der Regel bei Entwickelung der Knospe zum Zweige ab, während sie bei den Brutknospen gewöhnlich allmälig von Aussen nach Innen an der Knospe absterben und dieselbe mit einer dickeren oder dünneren Lage trockner Häute einhüllen.

Da man nachgerade allgemein eingesehen, dass Zwiebeln keine Wurzeln sind, wie Viele sie behandelten, sondern Knospen, so ist kein Grund vorhanden, dass man den Ausdruck *tegmenta* nicht auch bei ihnen auf die Theile anwendet, die insofern sie besonders modificirte Blätter oder Blatttheile sind und wesentlich die Function haben, den eigentlich entwickelungsfähigen Theil der Knospe während der Zeit der ruhenden Vegetation einzuhüllen und zu schützen, offenbar morphologisch und physiologisch dasselbe Organ sind, wie die Knospendecken. Wir werden dadurch abermals einen Theil der überflüssigen Terminologie los und das ist gewiss ein grosser Gewinn. *Perula* ist ein etymologisch ganz unsinniger Ausdruck und zwischen *tegmenta* und *ramenta* zu unterscheiden ganz überflüssig, weil beides Theile eines Blattes oder richtiger verkümmerte Blätter sind.

---

b. *Structurverhältnisse der Knospe.*

§. 134.

Die Structurverhältnisse der Knospe sind theils bei der Untersuchung von Axe und Blatt schon genügend erörtert, theils lassen sie nur eine specielle Behandlung nach den einzelnen besondern Arten der Knospen zu. Allgemein ist hier nur noch zu bemerken, dass jede Knospe anfänglich aus zartwandigem Parenchym besteht, und dass sich erst später Gefässbündel in sie hineinbilden und zwar so, dass der Verdickungsprocess der Zellenwände bei den den Gefässbündeln des Theils, an welchem die Knospen entstehen, nächstgelegenen Zellen beginnt und sich in die Knospe fortsetzt.

So weit meine Beobachtungen reichen, die freilich nicht die nothwendige Vollendung haben, geht die Veränderung der Zellen der Knospe in Gefässzellen allemal

* *Link's* (*El. phil. bot. Ed. II, I. p.* 467.) Vergleich der Knospendecken mit den Cotyledonen ist entweder sehr müssig, wenns nichts heissen soll, als dass beides Blattorgane sind, wie andere Blätter auch, oder entschieden falsch, denn die Cotyledonen haben nur die Function der Ernährung des Embryo, die Beschützung während der ruhenden Vegetation übernehmen die Saamenhüllen, die *tegmenta* nur die Function des Schutzes, die Ernährung übernimmt die Axe, an der die Knospe sitzt.

von den Gefässen des Theils aus, an welchem sich die Knospe bildet. Täuschungen des Urtheils sind hier sehr leicht, da das Parenchym des Markes der Knospe stets mit dem Parenchym des Theils, an welchem sich die Knospe bildet, in Continuität steht und da die zur Knospe abgehenden Gefässbündel sich mehr und häufiger an den Seiten, als oben und unten (wo, wenigstens bei Axillarknospen, die untern Gefässbündel der Axe vom Blatt aufgenommen werden) mit den Gefässbündeln des knospenbildenden Theils verbinden und daher schwer ein Schnitt das ganze Verhältniss richtig erkennen lässt, zumal da auf die allerfrühesten Zustände zurückgegangen werden muss. Bei Terminalknospen versteht es sich von selbst, dass die Gefässbündel derselben continuirliche Fortsetzungen der Gefässbündel der Axe sind. Indess bei der Schwierigkeit dieser Untersuchungen wage ich meine Beobachtungen nicht als Abschluss abweichenden Ansichten gegenüber zu stellen. Bei der Fortpflanzung komme ich noch einmal auf diesen Punkt zurück.

---

c. *Von den besondern Formen der Knospen.*

§. 135.

A. Ununterbrochen sich fortentwickelnde Knospen. Man könnte sie auch offene Knospen nennen, weil sie selten oder nie eine solche abgeschlossene Form zeigen, wie die folgenden; denn die völlig entwickelten Blätter gehen durch allmälige Zwischenstufen in die völlig rudimentären eben angelegten über; nichtsdestoweniger aber ist die *foliatio* auch bei diesen Knospen stets eine solche, dass die allerjüngsten und zartesten Theile gegen die Einflüsse der Atmosphärilien geschützt und fast gänzlich dagegen abgeschlossen sind.

Diese Knospen kommen mit wenigen Ausnahmen nur als Terminalknospen an den meisten tropischen Monocotyledonen vor, als Terminal- und Axillarknospen an allen Stengeln; hier nähern sie sich häufig der mehr abgeschlossenen Form der folgenden Abtheilung; endlich kommen sie auch, obwohl selten, als Nebenknospen an den Stengeln (wovon unten bei der Fortpflanzung) und an den Stämmen der Monocotyledonen und einiger Dicotyledonen vor, vielleicht nur in Folge künstlicher und absichtlicher Verletzung. Als Beispiele nenne ich hier mit einigem Bedenken abgestutzte Stämme von *Dracaena*- und *Cactus*-Arten; bei beiden hatte ich noch nicht Gelegenheit, mich völlig zu überzeugen, ob die sich entwickelnden Knospen wirklich Nebenknospen, oder nur zur Entwickelung kommende Axillarknospen sind, die bei Monocotyledonen überhaupt, insbesondere bei Stämmen, aber auch bei den meisten Cacteen sehr lange als nur der Anlage nach Vorhandene verharren.

B. Knospen mit ruhender Vegetation.

1. Zweigknospen.

a. Terminal- und Axillarknospen der perennirenden Gewächse mit periodisch ruhender Vegetation. Von diesen kennen wir nur die unserer einheimischen Waldbäume genau. Charakteristisch für sie ist, dass die jungen Blätter, die später an der auswachsenden Axe wirklich zur Entwickelung kommen, in der Knospe fast ohne Ausnahme von Nebenblättern, die bald nach Entwickelung ihres Blattes abfallen (*stipulae deciduae*), z. B. *Liriodendron*, oder von einfacher gebauten Blättern oder Nebenblättern, deren Blatt abortirt ist (*tegmenta*), bedeckt und eingehüllt werden; und zwar kommen hier noch insofern Verschiedenheiten

vor, dass entweder nur die äussern (untern) Blätter oder Nebenblätter als Knospendecken auftreten (z. B. *Fagus*), oder dass die Knospendecken sich bis ins Innere der Knospe fortsetzen, aber mit entwickelungsfähigen Blättern, die sie zwischen sich nehmen und decken, abwechseln (z. B. *Acer*). Die Knospendecken sind meist zähe, fast lederartig und oft mit harzigen Säften erfüllt und überzogen, und fallen dann meist bei Entwickelung der Knospe ab, finden sich aber auch dünn krautartig und selbst schnell in ganz trockne, dünne Häutchen übergehend, und bleiben dann meist stehen, letzteres z. B. bei *Pinus*.

Das Studium der Knospen ist noch lange nicht vollendet und erfordert noch weit umfassendere Untersuchungen. Das Beste, was wir haben, sind eigentlich zwei Arbeiten von *A. Henry**. Aber es fehlen auch hier die vollständigen Entwickelungsgeschichten, ohne welche nichts Bedeutendes geleistet werden kann. Die Knospendecken sind eigentlich die untersten Blätter des aus der Knospe sich entwickelnden Zweiges, oft mehrere oder weniger. Zuweilen bleiben die Stengelglieder zwischen den abfallenden (bei *Fagus sylvatica*) oder stehen bleibenden (bei *Abies excelsa*) Knospendecken unentwickelt. Alle (?) hierher gehörigen Pflanzen entwickeln jährlich nur eine einfache, schon im vorigen Jahre gebildete Knospe. Wenige weichen davon in einer Weise ab, die man mit *Linné* recht eigentlich Vorausnahme (*Prolepsis*) nennen könnte. Nur theilweise ist dies der Fall bei *Alnus*, wo die entstandene Axillarknospe ihre unteren Blätter schon in demselben Jahre entwickelt, so dass eigentlich alle im Frühjahre zur Entwickelung kommenden Knospen Terminalknospen sind. Am auffallendsten weicht *Pinus* ab, bei der alle Blätter der Axillar- und Terminalknospen (*gemmae primariae*) als Knospendecken (*tegmenta primaria*) erscheinen und im nächsten Jahre bei Entwickelung der Knospen bis auf eine kleine Schuppe** abfallen, während sie ihre schon angelegten Axillarknospen (*gemmae secundariae*), die eigentlich erst im dritten Jahre zur Entwickelung kommen sollten, entwickeln; an diesen secundären Knospen sind aber die untern Blätter ebenfalls häutige Knospendecken (*tegmenta secundaria*) und nur die zwei bis sieben obersten Blätter unmittelbar unter der fast immer rudimentär bleibenden secundären Terminalknospe bilden sich zu Blättern (Nadeln) aus, die dann, da die Stengelglieder der secundären Knospen sich nicht entwickeln, zu zwei bis sieben an der Basis von einer häutigen Scheide umgeben, unmittelbar aus dem Aste, welcher aus der primären Knospe entstanden ist, hervorzukommen scheinen. Dabei haben *Pinus* und *Abies* noch das Eigne, dass sich nur in längern Abständen zwei, drei und mehrere primäre Axillarknospen zu wirklichen Zweigknospen ausbilden; im Uebrigen sind bei *Abies* Axillarknospen nur der Möglichkeit nach vorhanden. Bei *Pinus* bilden, wie bemerkt, die Nadeln niemals das die Axe unmittelbar fortsetzende Ende, sondern zwischen ihnen ist stets eine kleine ganz rudimentäre Terminalknospe oft nur durch einen kleinen flachen Hügel von einigen Zellen angedeutet. Manche haben auch noch in neuester Zeit die Nadeln als Theile der zerfallenen Axe angesehen, eine Ansicht, die nichts Unmögliches hat, da wenigstens bei den Rhizocarpeen noch eine Verästelung der Axe ohne vorgängige Knospenbildung sich findet; aber so, wie die Ansicht aufgestellt wurde, war es eine

---

* *Nova Acta A. L. C. N. C. T. XVIII. P.* 1. und *T. XIX. P.* 1.

** Diese hat dann ziemlich derbe Textur, und ist nur der untere, während des Knospenzustandes grüne Theil der übrigens trocknen und häutigen Knospendecke. Diese zeichnet sich noch durch interessanten Bau aus. Die Zellen nämlich sind alle langgestreckt, die der Mitte fast bis zum Verschwinden des Lumen undeutlich porös verdickt. Die Zellen des Randes dagegen, wo die Knospendecke zerschlitzt erscheint, zeigen eine sehr dünne Membran mit äusserst zarter spiraliger Streifung, und die am Rande einzeln als Haare erscheinenden Zellen zerreissen gerade wie die Haare der Mamillarien und Melocacten beim Zerren in ein spiraliges Band.

leere aus der Luft gegriffene Fiction, bei der nicht einmal gründliche Untersuchung des Ausgebildeten, geschweige denn Studium der Entwickelungsgeschichte um Rath gefragt war.

b. Nebenknospen an den perennirenden Gewächsen mit periodisch ruhender Vegetation. Sie sind nicht anders von den vorigen unterschieden, als in ihrer Entstehungsweise. Jeder Stamm, gleichgültig ob gewöhnlicher oder Wurzelstamm, kann eine Knospe entwickeln. Veranlassung dazu sind ausser zufälligen und absichtlichen Verletzungen die Neigung der Pflanze, an gewissen Stellen Knospen zu erzeugen. Manche Pflanzen zeigen auf der Rinde eigenthümliche kleine Gruppen lockerer rundlicher Zellen, die anfänglich unter der Oberhaut liegen, die aber über ihnen bald zerstört wird (*Lenticellae*, Rindenhöckerchen). Sie geben Veranlassung, dass an dieser Stelle die Rinde bei Ausdehnung des Stammes oder Astes zuerst aufreisst, und dadurch stets die frisch vegetirenden Theile der Rinde mit der Luft in Berührung bringt. Vorzugsweise an den Rändern der so entstandenen Risse scheinen sich Nebenknospen zu bilden.

Link (l. c. 337) sagt: Die Nebenknospen unterscheiden sich von den Axillarknospen im Bau, an diesen geht der grösste Theil des Markes mit dem Holze in das stützende Blatt über, an jenen wird das ganze Mark in die Knospe übergeführt. Genaue Beobachtung zeigt, dass das stützende Blatt mit dem Mark in gar keiner Verbindung steht, dass vom Holze nur unbedeutende kleine Gefässbündel in dasselbe hineingehen, dagegen ein dicker Markcylinder und ein ganzer, später verholzender Gefässbündelkreis in die Axillarknospe übertreten, dass ferner die Nebenknospen in gar keiner unmittelbaren Verbindung mit dem Marke stehen, sondern nur mit den Markstrahlen, jeder Lindenzweig kann als Beispiel dienen. Ueber die Bedeutung der Nebenknospen muss ich unten bei der Fortpflanzung noch ausführlicher sprechen. Hier ist nur im Allgemeinen ihre Entstehungsursache anzuführen. Bekanntlich sind es gewöhnlich Verletzungen, z. B. Abbrechen oder Abhauen eines Astes, welche eine Menge Nebenknospen ins Dasein rufen. Am wenigsten ist bis jetzt noch auf die Bedeutung der Rindenhöckerchen in dieser Beziehung geachtet worden. Dass dieselben nicht, wie *De Candolle** meint, Wurzelknospen sind, was schon *Du Petit Thouars* und insbesondere von *H. Mohl, Flora* 1832. Nr. 5, aufs Gründlichste nachgewiesen wurde, ist jedem aufmerksamen Naturforscher bekannt. Die von mir angegebene Bedeutung derselben (vielleicht eine nur sehr untergeordnete und zufällige) glaube ich durch eine genaue Vergleichung von Zweigen und Stämmen der italienischen Pappel und Schwarzpappel von allen Altersstufen als ziemlich sicheres Resultat erhalten zu haben; weiter gehen indess auch meine Kenntnisse nicht, und es ist hier abermals eine Lücke, die gewiss zum Theil schon ausgefüllt wäre, wenn man die Zeit, die das unnütze Raisonniren und Schreiben über diesen Gegenstand gekostet hat, lieber auf treue Untersuchung der Natur gewendet hätte. Eine interessante Arbeit über die Entwickelung der Nebenknospen hat *Trecul* (*Ann. des sciences Nov.* 1847.) geliefert, woraus sich ergiebt, dass die Nebenknospen im Wesentlichen gerade so wie die Nebenwurzeln an der Aussenseite der Gefässbündel unter der Rinde entstehen und erst später die Rinde durchbrechen. Bestätigende Untersuchungen erscheinen aber in manchen Einzelheiten noch wünschenswerth.

2. Brutknospen.

a. Zwiebeln (*bulbi*) sind monocodyledone Stämme mit unentwickelten Stengelgliedern, die allmälig von Unten nach Oben absterben und daher stets sehr kurz

---

* *Organographie T. I. p.* 95.

bleiben, mit perennirenden Blättern, deren Scheidentheile abgestorben als dünne Häute die noch lebendigen stets fleischig verdickten Scheidentheile der innern Blätter, Zwiebelschuppen, umhüllen, oder seltener so schnell abfallen, dass letztere blossliegen (z. B. bei *Lilium*). Sie bilden sich entweder sogleich vom Embryo an, wo dann der Scheidentheil des Cotyledonarblattes schon in die erste Zwiebelschuppe übergeht, oder aus Axillarknospen der Zwiebeln, oder aus Axillarknospen der Stengel, welche aus Zwiebeln hervorgegangen sind, z. B. *Lilium bulbiferum*, seltener als Nebenknospen auf Blättern und anderwärts. Man unterscheidet:

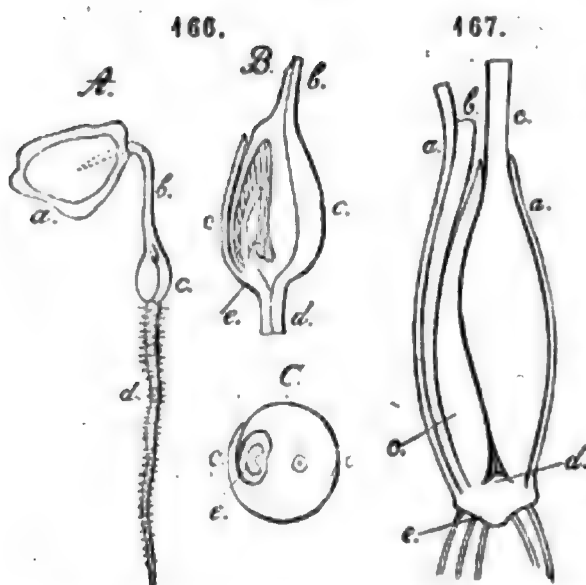
A. Die blättrige Zwiebel (*bulbus foliosus*).

1. Schalige Zwiebel (*b. tunicatus*), wenn viele Scheidentheile rings geschlossen sind oder doch ziemlich breit die Axe umfassen, z. B. *Hyacinthus orientalis*.

2. Schuppige Zwiebel (*b. squamosus*), wenn viele verhältnissmässig schmale und kurze Scheidentheile an der Axe sitzen, z. B. *Lilium candidum*.

B. Dichte Zwiebel (*b. solidus*), wenn nur ein einziger lebender Scheidentheil die Zwiebel bildet.

So weit mir bekannt, kommt bei keiner dicotyledonen Pflanze eine ächte Zwiebel vor, obwohl gar nichts Unmögliches oder auch nur Unwahrscheinliches darin liegt, denn wenn man von dem Merkmal der unentwickelten Stengelglieder absehen und danach den Begriff allgemeiner fassen wollte, so wäre der unterirdische Stamm von *Lathraea squamaria, Dentaria bulbifera etc.* ein *bulbus squamosus*. Ich mag diese Neuerung aber um so weniger empfehlen, da die Auffindung einer ächten dicotyledonen Zwiebel die hergebrachte Definition als zweckmässiger erscheinen lassen würde. Eine andere Frage ist, ob man die Zwiebelknospen von einigen *Oxalis*-Arten hierher rechnen soll. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, sie genügend zu untersuchen, und lasse sie daher vorläufig lieber bei den dicotyledonen Zwiebelknospen stehen, indem ich die Andauer der Zwiebel als solcher mit zum Merkmal ihres Begriffs mache. Dagegen ist es durchaus verkehrt, die Axillarzwiebel von *Lilium bulbiferum etc.* von den Zwiebeln zu trennen, denn sie ist ihrem Bau nach Zwiebel, bleibt Zwiebel und bildet sich in der Blattachsel eines Zwiebelgewächses, ob an dem Stamme oder dem Stengel scheint mir dabei sehr gleichgültig zu sein. Die drei angeführten Abtheilungen sind wirklich Abtheilungen der Zwiebel als solcher nach Art ihrer Zusammensetzung aus den nothwendig zu ihrem Begriff gehörigen Theilen. Wie man daneben in Handbüchern als A. 3. die netzförmige Zwiebel setzen kann, weil bei einigen schaligen Zwiebeln die äusseren abgestorbenen Schalen zuletzt faserig zerreissen, ist mir unbegreiflich, man müsste denn consequent noch 4 braune, 5 gelbe und 6 rothe Zwiebeln u. s. w. unterscheiden, oder schleimige und stärkemehlhaltige, weil die innern Schuppen bald Gummi, bald Stärkemehl enthalten. Bei der dichten Zwiebel wird leider auch von einem Verschmolzensein der Zwiebelschalen gesprochen, was uns beweist, dass noch Niemand sich die Mühe genommen, die bekannten Beispiele von *bulbus solidus* auch nur genau zu analysiren und unter einander zu vergleichen, geschweige denn gründlich die Entwickelungsgeschichte zu studiren. Jede keimende Zwiebelpflanze hat in verjüngtem Maasstabe im ersten Jahre einen *bulbus solidus* (166), weil nur der verdickte Scheidentheil des Cotyledonarblattes vorhanden ist (166 *c.*); von der specifisch bestimmten Zeit, zu der die äussern Scheidentheile anfangen abzusterben und der grössern oder geringern Masse, zu der der Scheidentheil anschwillt, hängt es ab, ob etwas *bulbus solidus* oder *bulbus foliosus* werden wird. Der ganze Unterschied ist übrigens nicht von grosser Bedeutung, denn man findet in demselben Geschlecht blättrige Zwiebeln (*Allium*



cepa) und dichte Zwiebeln (*Allium ursinum*) (167). In Familien zumal hat dieses Merkmal fast gar keine Constanz. Ich verfolgte die Entwickelungsgeschichte von *Allium moly, acutangulum, ursinum* (167), *Gagea lutea, arvensis, Hyacinthus orientalis, Lilium pumilum* (166), *Tulipa sylvestris*. Endlich giebt es noch einen andern Punkt, der die Begrenzung des Begriffs Zwiebel sehr schwierig macht. Vergleichen wir nämlich die allmäligen Uebergänge zwischen der Zwiebel von *Allium cepa* bis zu *Allium porrum* und von dieser durch *Allium sativum* zur gewöhnlichen monocotyledonen Knospe, besonders zu der mit ununterbrochener Vegetation (z. B. bei *Phormium tenax*), so wird es sehr schwer sein, eine Scheidewand zu ziehen, die der Natur selbst ohnehin fremd ist.

Den Bau der Zwiebeln betreffend, so ist das Wichtigste schon bei Axe und Blatt erörtert worden. Weniges erscheint als eigenthümlich. Die Epidermis der Zwiebelschuppen bei *Allium moly* bedeckt eine Zellenlage, deren flache Zellen die seltsamsten, unregelmässigsten Umrisse zeigen und etwa so ineinander gefugt erscheinen, als bei dem bekannten Kinderspiel, wo ein Bild, auf ein dünnes Bretchen geleimt, mit demselben in ganz verschiedene unregelmässig ineinander greifende Stückchen zersägt ist; übrigens sind die Zellen sehr dickwandig und dicht porös. Bei *Gagea lutea* und *arvensis* findet sich auf derselben Stelle eine Schicht Spiralfaserzellen. Bei *Allium ursinum* und *Colchicum autumnale* erinnere ich mich nicht, dergleichen gesehen zu haben, bei sehr vielblättrigen Zwiebeln ist mir nie Aehnliches vorgekommen.

b. Zwiebelknospen (*bulbilli*). An Pflanzen, die nicht durch eine Zwiebel perenniren (nur an Dicotyledonen?) bilden sich zuweilen die Axillarknospen zwiebelähnlich aus, indem die Blätter nur als verdickte Scheidentheile entwickelt werden und die Knospen durch Absterben des sie tragenden Stengels von der Mutterpflanze sich trennen und dann zu selbstständigen Pflanzen, die aber nicht als Zwiebelgewächse erscheinen, auswachsen, z. B. *Dentaria bulbifera*.

Aus Mangel an eignen und genauen fremden Untersuchungen kann ich wenig über diese Gebilde sagen. Ob die Zwiebelchen einiger Oxalisarten hierher gehören, kann ich nicht entscheiden. Auf die angegebene Weise würden sich die *bulbilli* bestimmt von den ächten Zwiebeln unterscheiden.

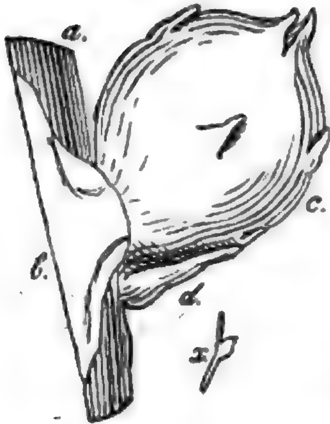
c. Knollen (*tubera*). An unterirdischen Stengeln bilden sich zuweilen die Axillarknospen (verdünnter, nur schuppenförmiger Blätter) so aus, dass die ganze Knospenaxe knollig verdickt und fleischig entwickelt wird, die Blätter dagegen ganz rudimentär oder gar nicht mehr zu erkennen sind, während die Axillar- und

166. *Lilium pumilum*. Keimung. *A*. Nat. Grösse. *a* Saamen. *b* Scheidentheil des Cotyledonarblattes. *c* Scheidentheil desselben, eine kleine dichte Zwiebel darstellend. *d* Würzelchen. *B* Längsschnitt durch den untern Theil des Cotyledons etwas vergrössert. *b c d* wie bei *A*. *e* Pflanzenkörper (Stengel) Grundlage des Knöspchens. *C* Ein Querschnitt durch die Mitte von *B*, *c c* wie vorh. *e* Grösstes (äusserstes) Blatt des Knöspchens.

167. *Allium ursinum*. Nat. Grösse. Längsschnitt durch die dichte Zwiebel. *a a* Verwelktes Blatt, die Zwiebel als Haut umkleidend. *b* Blüthenstengel. *c* Frisches Blatt, dessen Scheidentheil die nächstjährige Knospe (*d*), die Terminalknospe des nach Unten immer absterbenden Stammes (*e*), umschliesst.

Terminalknospen dieser unterirdischen Knospen entwickelungsfähig bleiben und, nach Isolirung der Knolle, nach Absterben der Stengel der Mutterpflanze zu neuen Stengeln auswachsen, z. B. *Solanum tuberosum.*

168.



Die Entstehung der Kartoffel aus Axillarknospen unterirdischer Stengel ist sehr leicht zu verfolgen (168), und wenn man Kartoffeln so zieht, dass ein Theil der untersten Stengel über der Erde bleiben muss, wie bei schlecht gehäufelten Kartoffeln gar oft geschieht, kann man sich alle möglichen Zwischenstufen von einer völlig normalen Axillarknospe bis zur völlig normalen Kartoffel verschaffen. Ob die Knollen von *Helianthus tuberosus* und andern hierher gehören, kann ich, wegen Mangels vollständiger Entwickelungsgeschichte, nicht entscheiden. Knollen von *Cyclamen* und andern gehören nicht hierher, sondern sind Stämme.

d. Knollenknospen (*tubercula*). Viele Pflanzen bilden kleine Knollen oberhalb der Erde, gewiss selten als Axillarknospen (ob je?), viel häufiger als Nebenknospen, besonders an Blattorganen, an denen sich selbstständig neue Pflanzen entwickeln, sobald die Trennung von der Mutterpflanze eingetreten ist. Zuweilen ist es specifische Eigenthümlichkeit, z. B. die Knollen an *Amorphophallus*-Arten und andern Aroideen, zuweilen entstehen sie bei gewissen Pflanzen, besonders leicht in Folge von Verletzungen, z. B. bei den Gesneriaceen, nach Einknickung eines Blattnerven an der dem Rande oder der Spitze des Blattes näheren Bruchfläche.

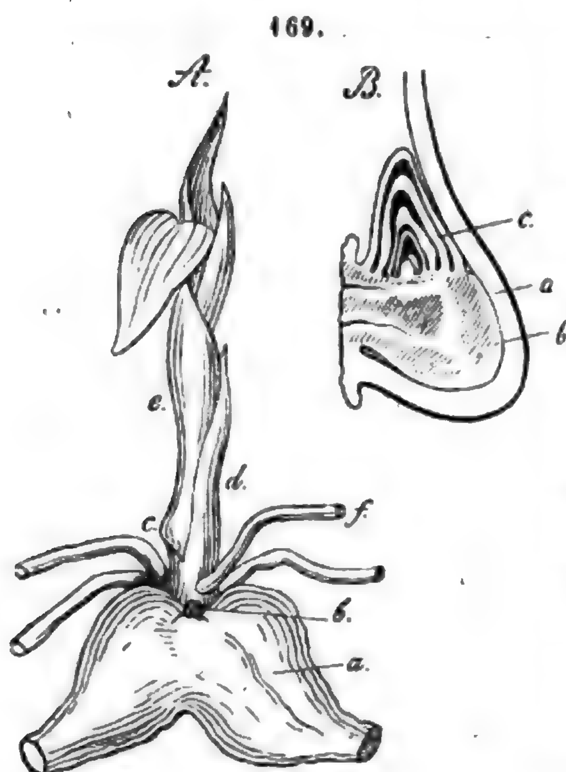
Diese Knollenknospen verhalten sich zu den Knollen ganz ähnlich wie die Zwiebelknospen zu den Zwiebeln, wenigstens so weit sich bis jetzt beurtheilen lässt, denn es fehlt gerade bei den hierher gehörigen Pflanzen noch völlig an genügenden Entwickelungsgeschichten der Pflanzen, um das Verhältniss der Knollenknospen zu den zuweilen ebenfalls knolligen Stämmen bestimmen zu können.

e. Scheinknollen (*tuberidia*). Einige Pflanzen bilden eine einzelne Knospe, am häufigsten eine Axillarknospe, auf eine eigenthümliche Weise um. Das Axenparenchym der Knospe nämlich, welches unmittelbar über der Basilarfläche liegt, dehnt sich durch einen plötzlich in einzelnen Zellengruppen neu auftretenden Zellenbildungsprocess auffallend dick und knollenförmig aus, bei den Axillarknospen (bei den einheimischen Orchideen) nur einseitig, da von der andern Seite der Druck des Stengels eine solche Ausdehnung nicht erlaubt; bei *Aponogeton distachyon* ist der dicke fleischige Cotyledon mit dem Wurzelende ein eben solches Hinderniss, und daher ist auch hier die Entwickelung der Scheinknolle nur einseitig; bei Georginen dagegen ist die Knollenentwickelung gleichförmig und trifft die Zellenmasse zwischen der Basis der Cotyledonen und den fast unmittelbar unter den Cotyledonen sehr bald entstehenden ersten Nebenwurzeln, die durch die Scheinknollenbildung dann allmälig weit von den Cotyledonen entfernt werden.

Der Bildungsprocess der Scheinknolle bei den einheimischen Orchideen, namentlich *Orchis, Anacamptis, Gymnadenia, Platanthera, Ophrys*, welche ich in dieser Be-

168. *Solanum tuberosum.* Rinde eines fadenförmigen unterirdischen Stengels (*a*) bei *b* bis auf den Grund der Axillarknospe *c*, nämlich der jungen Kartoffel, angeschnitten. *d* Schuppenförmiges Blatt, welches die Kartoffel der Axillarknospe stützt. *x* Umriss desselben in natürlicher Grösse.

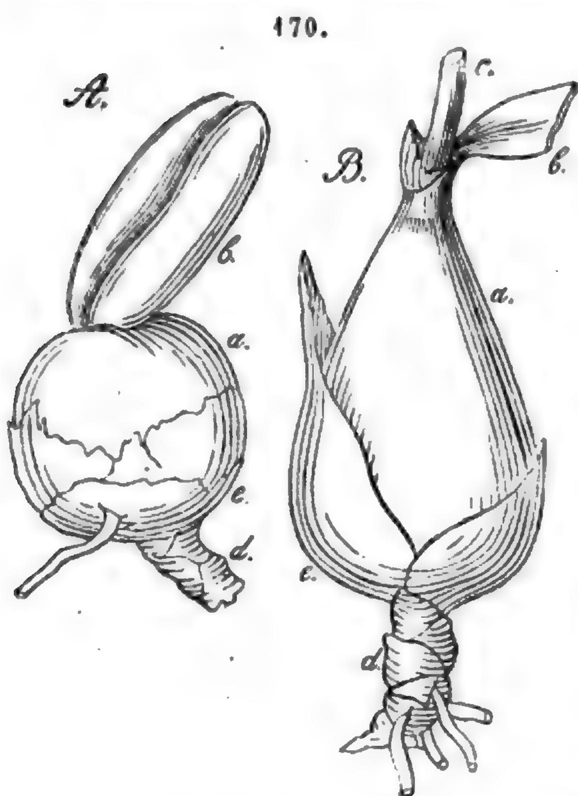
ziehung, so weit mir die Arten zu Gebote standen, untersucht habe, ist höchst interessant; ich schildere ihn nach leicht zu controlirenden Beispielen an *Orchis morio* (169) und *latifolia*. In den Achseln der untern Blätter (*A d*) finden sich Axillarknospen (*A c*, *B*). Bald nachdem im Frühjahre die Vegetation begonnen, beginnt die Knospe des zweiten Blattes sich zu entwickeln, indem der Theil unmittelbar über ihrem Anheftungspunkt anfängt anzuschwellen und sich nach Aussen zu drängen (169 *B*.), bei *morio* in rundlicher, bei *latifolia* in schon früh erkennbarer zweilappiger Form; sehr bald durchbricht diese Anschwellung die Basis des Blattes, in dessen Achsel sich die Knospe befindet, so wie den Scheidenrand des untersten Blattes und wird so nach Aussen sichtbar. Der Theil, durch den die Knospe mit dem Stengel zusammenhängt, nimmt nicht an Masse zu, sondern streckt sich nur in die Länge, wodurch die Scheinknolle, oben auf ihrem Scheitel die Knospe tragend, immer weiter von der Mutterpflanze entfernt wird. Gegen Ende des Sommers ist die im vorigen Jahre vegetirt habende Scheinknolle gänzlich zerstört, die diesjährige Scheinknolle hängt an der neu entstandenen seitlich an und trägt noch die Reste des diesjährigen Stengels und der Blätter, die neue Scheinknolle endlich ist so weit vollendet, dass sie im folgenden Jahre bis zur Ausbildung der Wurzeln die Ernährung der Pflanze übernehmen kann. In Folge dieser Art der Knospenentwickelung ändert jede Orchispflanze alle Jahre ihren Platz, und zwar da die untern Blätter ungefähr einen Divergenzwinkel von 129° haben, in der Weise, dass sie im vierten Jahre nahebei an ihren alten Standort zurückgekehrt ist. Morphologisch sind diese Scheinknollen entschieden keine Wurzeln; physiologisch höchst wahrscheinlich auch nicht; bis jetzt liegen aber keine Thatsachen zur Entscheidung dieser Frage vor. Dagegen bilden sich im Anfange des Frühlings jedesmal aus dem Stengel oberhalb der Scheinknolle und unter dem ersten Blatte mehrere Nebenwurzeln, die später die Ernährung der Pflanze übernehmen. Ueber die Art der Zellenvermehrung bei diesem ganzen Process fehlt es mir noch an genauen Untersuchungen. Die Scheinknollen werden von Gefässbündeln durchzogen, die in grosser Menge von der Spitze derselben bis zur Basis meist bogenförmig verlaufen und von einem lockern grossmaschigen Zellgewebe umgeben sind, welches in der Jugend, von einem Cytoblasten ausgehende, netzförmige Saftströmchen an seinen Wänden zeigt. Eingebettet, einen Kreis um jeden Gefässbündel bildend, liegen 6—8mal grössere Zellen. Bei ganz jungen Scheinknollen wird der homogene wasserhelle und gallertförmige Inhalt dieser letztern durch Jod veilchenblau gefärbt; so wie die Scheinknolle erwächst, geht diese Farbe in Weinroth bis Gelb über und endlich zeigt die Gallerte gar keine Reaction mehr auf Jod. Während der Vegetation derselben im folgenden Jahre jedoch ändert sich die Gallerte in entgegengesetzter Weise wieder um, bis endlich in der absterbenden Scheinknolle noch einmal ein Zustand eintritt, wo die Gallerte durch Jod nicht gefärbt wird. Die



169. *Orchis morio*. *A* Nat. Grösse. junge Pflanze. *a* diesjährige Knolle. *b* Narbe der abgeschnittenen vorigjährigen. *c* Höcker, welcher die Bildung der nächstjährigen Knolle andeutet. *d* Unterstes Blatt der Pflanze. *e* Zweites Blatt, in dessen Achsel sich die nächstjährige Pflanze und Knolle bildet. *f* Abgeschnittene Nebenwurzeln. *B* Längsdurchschnitt durch *c* der vorigen Figur. *a* Unterer Theil des Blattes. *b* Anlage der Knolle, welche sich aus dem Grunde der Axillarknospe bildet. *c* Axillarknospe, als Anlage zur nächstjährigen Pflanze.

Oberfläche der Gallertmasse zeigt sich bei völliger Ausbildung mit kleinen maschig netzförmigen Zeichnungen versehen, fast granulös, etwa wie die Stärke in der Zelle einer gekochten Kartoffel. In den übrigen Zellen bildet sich allmälig sehr kleinkörniges Stärkemehl aus, welches während der Vegetation der Scheinknolle fast ganz wieder verschwindet, bis zuletzt nur noch einzelne Körner in jeder Zelle dem bleibenden Cytoblasten ankleben. Dieser eigenthümlichen Bildung bei unsern Orchideen sind einige Knollen der tropischen an die Seite zu stellen, bei denen ebenfalls die Knollenbildung nur ein einziges Stengelglied verändert, z. B. *Bolbophyllum* (170 *A*), *Gongora*, *Rodriguezia*, *Epidendron* (170 *B*). Aber bei den tropischen Orchideen geht diese Bildung durch Gestalten wie bei *Bletia* in die ächten Knollen, durch *Monachanthus*, *Catasetum*, *Dendrobium etc.* in die gewöhnliche Stammbildung über. Auf ganz ähnliche Weise, wie bei *Orchis*, bildet sich die Scheinknolle bei *Aponogeton distachyon*. An dem dicken fleischigen Cotyledon ist die Embryonalknospe seitlich befestigt und frei; zwar entwickelt sich beim Keimen anfänglich ganz regelmässig die *radicula*, bald aber schwillt der Theil der Embryonalknospe zwischen Cotyledonarblatt und dem darauf folgenden fleischig an der freien Seite an und dann trennt sich die erwachsene, runde Scheinknolle von dem Cotyledon, während sich allmälig zwischen Scheinknolle und dem untersten Blatte der jungen Pflanze Nebenwurzeln entwickelt haben*. Ob sich bei *Aponogeton* später auch neue Scheinknollen aus Axillarknospen der Pflanze entwickeln können, weiss ich nicht.

170.



Endlich die Georginen betreffend, sind meine Untersuchungen noch sehr unvollständig. Mir scheint die Sache so zu sein. Bald nach der Keimung bilden sich an der Basis der Cotyledonen zwei Nebenwurzeln. An spätern Zuständen fand ich die junge Scheinknolle, unter den Cotyledonen keine Spur von Nebenwurzel, dagegen zwei dergleichen ziemlich tief unten an der Scheinknolle. Ich meine, diese muss sich zwischen jenen Nebenwurzeln und dem Cotyledon gebildet haben. Den Process der Zellenvermehrung in der jungen Knolle gleichzeitig mit dem Entstehen der Oelgänge habe ich in meiner schon öfter angeführten Schrift über die Cacteen ausführlich geschildert. Es ist beständige Bildung von Zellen in Zellen und Resorption der Mutterzellen. In ganz jungen Knollen nimmt dieser Bildungsprocess eine Zone ausserhalb der Gefässbündel ein, später tritt er an mehrern Stellen durch die ganze Scheinknolle im Mark in verticalen, in der Rinde in horizontalen, radialen Streifen auf. In den jungen Scheinknollen zeigen alle Zellen aufs Schönste eine vom Cytoblasten ausgehende Circulation in netzförmig verästelten, äusserst schnell laufenden Strömchen.

169. *A. Bolbophyllum bulbiferum.* Nat. Grösse, *a* knollenförmiges Stengelglied, dessen Terminalknospe zum Blüthenstand wird. *b* Blatt. *c* Vertrocknete ältere scheidenförmige Blätter, durch das Unterste bricht eine Nebenwurzel hervor. *d* Aeltere nicht knollenförmige Stengelglieder. *B. Epidendron cochleatum.* ²/₃ der nat. Grösse. *a b c d* wie vorh. *e* Abgeschnittener Blüthenstengel.

---

* Was darüber von *Planchon Ann. d. sc. n.* 1844 *botanique p.* 107 ff. mitgetheilt wird, ist ganz falsch, und wie noch vieles andere in demselben Aufsatze Resultat sehr oberflächlicher Beobachtung.

Alle drei hier geschilderten Gebilde haben das Gemeinsame, dass sie knollenförmige Verdickungen eines Theiles eines Stengelgliedes, oder höchstens eines ganzen (bei *Georgina*) sind, aber ohne dass diese Veränderung gleichzeitig die Blattorgane oder Knospen verändert; dadurch fallen alle unter einen gemeinsamen Begriff und unterscheiden sich zugleich scharf von den ächten Knollen, die stets eine ganze Axillarknospe, d. h. alle Stengelglieder einer ganzen Axe mit ihren Blattorganen und Knospen umfassen. Auch die sogenannten Zwiebeln von *Crocus* gehören hierher; sie sind nichts als der fleischig verdickte untere Theil der Knospenaxe.

Bei der grossen Menge von sogenannten Knollengewächsen ist's sehr möglich, dass noch mehr ganz verschiedene Formen eigenthümlicher Knospenmodificationen vorkommen; bei gänzlichem Mangel an Entwickelungsgeschichte lässt sich aber nichts darüber sagen, ja nicht einmal die Beispiele für die angeführten Formen lassen sich vermehren. Es muss erst eine Zeit kommen, wo die jetzt meist so dürren und geistlosen systematischen Werke etwas mehr geben als: *Planta tuberibus perennans* oder *Radix tuberosa* u. s. w. Solche Untersuchungen sind Jedem möglich, der nur ein mässig gutes einfaches Mikroskop hat, das für wenige Thaler zu erstehen ist, und fördern die Wissenschaft mehr, als die in der hergebrachten Weise oberflächlichen Beschreibungen von 100 neuen Arten, von denen man im Grunde eben nichts erfährt, als dass sie auf der Erde existiren.

f. Saamenknospen (*gemmulae*). Die letzten Terminal- und Axillarknospen im Innern der Blüthen nehmen eine ganz eigenthümliche Form an, von der aber erst unten beim Fortpflanzungsapparat die Rede sein kann.

E. Von den Blüthen.

§. 136.

Wir nennen hier sowohl *a*) jedes einzelne Fortpflanzungsorgan für sich, so lange es nicht mit andern an einer und derselben Axe durch einen Kreis (oder eine zusammengezogene Spirale) von modificirten Blattorganen (Blüthendecke) vereinigt ist, als auch *b*) jede durch Eine Blüthendecke zusammengehaltene und durch dieselbe von andern gesonderte Vereinigung mehrerer Fortpflanzungsorgane eine Einzelblüthe (*flos*)*; dagegen nennen wir jede Vereinigung von Einzelblüthen einen Blüthenstand (*inflorescentia*), und jeden Kreis von modificirten Blattorganen, welche den Blüthendecken einer bestimmten Pflanzenart entsprechen ohne Fortpflanzungsorgane zu umschliessen, Scheinblume (*flos spurius*).

Ueberblicken wir das ganze Gebiet der phanerogamen Pflanzen und suchen in der Mannigfaltigkeit der Formen nach einem Faden, der uns führen könnte, so bietet sich unserer Anschauung etwa Folgendes dar.

---

* Man könnte die beiden, eigentlich wesentlich verschiedenen, Arten der Einzelblüthe zweckmässig mit den Ausdrücken Blüthen und Blumen bezeichnen. »Blüthe« ist ohnehin im Deutschen der allgemeine Ausdruck, und »Blume« bezieht die Sprache wesentlich nur auf die Blüthendecke, die ja eben den charakteristischen Unterschied zwischen beiden Arten ausmacht. Gewöhnlich bezeichnet man die erste Art als unvollständige, die zweite als vollständige Blüthen mit einem unzweckmässigem Ausdrucke, weil dadurch der Reichthum und die Mannigfaltigkeit der Natur zu einer Mangelhaftigkeit derselben gestempelt wird. Die Natur ist überall in ihren Bildungen vollständig und vollkommen.

Zwei morphologische Grundorgane, Axe und Blatt, in den vorhergehenden Pflanzengruppen herangebildet, und zwei, der Fortpflanzung dienende, physiologisch bestimmte Organe, Fortpflanzungszelle und Saamenknospe (Eichen), nach und nach entwickelt, knüpft die bildende Kraft der Natur nun an einander, die Fortpflanzungszelle (Pollen) an das Blatt (Staubbeutel), die Saamenknospe an die Axe. Wir erhalten auf diese Weise zwei morphologisch und physiologisch zugleich bestimmte Organe der Fortpflanzung, zwei Geschlechter (*sexus*). Beide stehen aber räumlich in keiner bestimmten Beziehung zu einander, an diesem oder jenem Individuum kann sich dieses oder jenes Blatt zum Staubfaden, dies oder jenes Axenende zur Saamenknospe umwandeln. Es ist nicht undenkbar, dass wir noch eine Pflanze entdecken, an welcher sich ohne alle scheinbare Ordnung bald einmal hier ein Staubfaden, bald dort einmal eine gewöhnliche Endknospe zur Saamenknospe ausbildet. Allmälig aber sucht die Natur beide Theile immer enger zu vereinigen, und so erhalten wir übersichtlich folgende Stufen für die morphologische Entwickelung der Phanerogamen.

1. Vereinzelte Staubfäden und Saamenknospen, zuerst auf verschiedenen Individuen, dann auf einem Individuum vereint, in ihren Formen den allmäligen Uebergang von den Kryptogamen zu den Phanerogamen bildend, werden endlich in grösserer Menge auf Einer Axe vereinigt. Dies sind, mit Ausnahme des allereinfachsten, noch zu entdeckenden Falles, die Cycadeen, Coniferen und Loranthaceen.

2. Solche Blüthenstände in einfachster Form werden mit einem besonders geformten Blattorgan umgeben (Blustenscheide), und zugleich die Saamenknospe in einen besondern Behälter (den Fruchtknoten) eingeschlossen (bei Lemnaceen). Allmälig, anfänglich durch die Stellung, dann durch hinzutretende Deckblätter (?), werden Gruppen von Staubfäden um Fruchtknoten versammelt (Aroideen, Najaden, Orontiaceen).

3. Ein Kreis bestimmt modificirter Blattorgane umschliesst als Blüthendecke Staubfäden oder Fruchtknoten zu eingeschlechtiger Blüthe (Hydrocharideen), oder endlich beide zu hermaphroditen Blüthen (Liliaceen).

4. Nun folgt die Ausbildung der vollendeten Blüthe zur grössten Mannigfaltigkeit in den Combinationen der verschiedenen Theile und ihren Formen bei einer Menge mono- und dicotyledoner Familien.

5. Die einzelnen Blüthen rücken näher zusammen unter den mannigfachen Formen der Blüthenstände bei vielen andern Familien.

6. Endlich ziehen sich die ganzen Blüthenstände so eng und zu so abgeschlossener Form zusammen, dass sie abermals als ein einfaches Ganze erscheinen: die sogenannte zusammengesetzte Blüthe als höchste Entwickelungsstufe der phanerogamen Bildung; dort nach monocotyledonem Typus durch die Cyperaceen zu den Gräsern, hier nach dicotyledonem Typus, vorbereitet durch die Blüthenstände theils der Umbelliferen, theils der Leguminosen, zu den Compositen sich erhebend.

So treten für die Anschauung immer mehr einzelne Theile unter immer engerer morphologischer Verknüpfung zu einer Einheit zusammen und bilden eine stetige Reihe immer steigender Complicationen von Grundorganen, die nach ihren Hauptstadien in Blüthentheile, Blüthe, Blüthenstand und zusammengesetzte Blüthe zerfallen. Dies ist aber nur die ästhetische Auffassung, die uns die Natur, als eine nach einem gewissen Plane handelnde und diesem immer mehr sich nähernde vermenschlicht, vorführt. Für die wissenschaftliche Behandlung der Sache bedürfen wir einer ganz andern und schärfern Eingrenzung der Begriffe, bei denen keine die Unterschiede verwischenden Uebergänge möglich sind.

Es scheint mir nicht, dass man bis jetzt sich um die scharfe Fassung des Begriffs der Blüthe grosse Mühe gegeben hätte, oder sehr glücklich im Finden des rechten Ausdrucks gewesen wäre. Nach den meisten gegebenen Bestimmungen möchte es gar schwer halten, Blüthe und Blüthenstand zu unterscheiden. *Kunth* in seiner Botanik spricht von der Blüthe, ohne irgendwo anzugeben, was eine Blüthe sei,

worin ihre wesentlichen Merkmale bestehen und was die Grenze ihres Begriffs sei. *Bischoff* in seiner Botanik macht es ebenso.

Link sagt: »Blüthe ist eine durch Metamorphose veränderte Knospe; sie gehört zu den Endtheilen und ist an den Staubträgern oder Staubwegen kenntlich.« Wie *Link* dadurch den Blüthenstand der Aroideen, der Compositen u. s. w. von einer Blüthe unterscheiden will, sehe ich nicht ein; beides sind metamorphosirte Endknospen mit Staubfäden und Fruchtknoten; dass die Knospe bei jenen eine zusammengesetzte ist, kann keinen Unterschied begründen, der ohnehin von *Link* nicht hervorgehoben ist; denn auch jede Blattknospe, z. B. der Linde, hat Seitenknospen; und die grössere und geringere Ausbildung der Seitenknospen kann bei einer metamorphosirten Knospe vollends in Betracht kommen.

Lindley nennt die Blüthe eine Endknospe, welche die Fortpflanzungsorgane umschliesst, und ihn trifft der vorige Einwurf noch um so mehr.

A. Richard sagt: »Die Blüthe besteht wesentlich in der Gegenwart von einem der beiden Geschlechtsorgane oder von beiden, auf einem gemeinschaftlichen, organischen Boden vereinigten Geschlechtsorganen, sie mögen nun mit einer äussern, zu ihrem Schutze bestimmten Hülle versehen sein oder nicht.« Das passt so vortrefflich auf den Zapfen der Coniferen, auf den Spadix der ächten Aroideen, dass *Richard* aus seinem Begriffe von Blüthe wahrlich nich ableiten kann, weshalb nach ihm jenes Blüthenstände und keine Blüthen sind.

Doch diese Beispiele mögen hinreichen, den Vorwurf zu begründen, dass die bisherige Botanik sich niemals die Frage aufgeworfen hat, wodurch unterscheidet sich Blüthe und Blüthenstand, und gleichwohl ist die Beantwortung dieser Frage unerlässlich. Die Sprache des gemeinen Lebens, von der unbefangenen Anschauung ausgehend, nennt den Kolben mit seiner *spatha* die Blüthe der Aroideen; sie spricht von der Blüthe des Klees und meint das ganze Köpfchen; sie sagt die Kornblume und will damit das ganze Blüthenköpfchen der *Centaurea* bezeichnen. Die Anschauung hat zunächst immer Recht, und wenn die Wissenschaft, mit ihr im Widerstreit, jene Blüthen nicht Blüthen, sondern Blüthenstände nennt, so muss sie sich gegen die Anschauung rechtfertigen. Das kann sie allerdings recht gut, hat es aber bisher gänzlich versäumt. *Link** versucht selbst den Volksausdruck bei den Compositen gegen *Cassini* zu vertheidigen; wenn er aber sagt, das Volk scheine eine bessere Kenntniss von dem Wesentlichen des Blüthenstandes der Compositen gehabt zu haben, als *Cassini*, so ist das doch wohl nur Scherz. Das Volk nennt eben deshalb das Ding eine Blüthe, weil es gar keine Kenntniss vom Wesentlichen der Sache hat, sondern sich blos auf den Eindruck der ersten Anschauung beruft. Wohl aber liegt in dieser unbefangenen Auffassung auch eine dunkle Ahnung von etwas Wahrem, wie in der natürlichen Frömmigkeit des Bauern, wenn auch in unklaren Zügen, der tief im Menschengeiste ruhende Gottesglaube angedeutet ist. Wer aber mit den beschränkten Einsichten und verworrenen Begriffen eines Bauern eine Religionsphilosophie entwickeln wollte, käme nur zu confusem und trübem Mysticismus. Die Wissenschaft, um sich das deutliche Bewusstsein dessen zu erobern, was hier dunkel und versteckt in Anschauung und Gefühl liegt, bedarf hierzu der wissenschaftlichen Hülfsmittel, scharfer Abstractionen, bestimmt gefasster Begriffe u. s. w. Ohne Zweifel liegt in dem der Anschauung als Ein Ganzes mit abgeschlossener Begrenzung entgegentretenden Complex von Einzelblüthen bei den Compositen u. s. w. ein Etwas, was sie als morphologisch höhere Entwickelungssufe der phanerogamen Pflanze bezeichnet, und eben das, nämlich diese abermalige Zusammenfassung vereinzelter Theile zu einer Gesammtform höherer Ordnung, ist es, welche die unbefangene Anschauung des Volkes zunächst auffasst. Nicht aber stehen diese Formen

---

* *Elem. phil. bot.* (*Ed. II.*) *II*, 78.

dadurch der Einzelblüthe näher als den Blüthenständen, wie *Link* (a. a. O.) meint *, sondern sie sind, im Gegentheil von jener, durch die ganze Reihe verschiedenartiger Blüthenstände getrennt, und bilden sich eben durch diese zu einer durchaus neuen und höhern Einheit heran. Für diese innere Einheit eines ganzen Blüthenstandes fehlt es uns nun nicht allein bis jetzt an einer wissenschaftlichen Charakterisirung, sondern sie ist auch zur Zeit noch unmöglich, weil wir die morphologische Gesetzlichkeit der Pflanze im Allgemeinen, von welcher auch jene Einheit abhängt, noch viel zu wenig kennen. Wovon ich aber fest überzeugt bin, ist, das wir, wie *De Candolle* schon zur Hälfte gethan, die Compositen als die Vollendung der morphologischen Entwickelung der dicotyledonen Pflanze, und die Gräser, die *Link* (a. a. O.) sehr sinnig jenen an die Seite stellt, als die höchste Stufe der Monocotyledonen anzusehen haben. In dieser Ansicht habe ich auch, gleichsam als Fortsetzung des früher (§. 78) Gegebenen, die obige Stufenleiter der Phanerogamen gezeichnet.

Aber diese Betrachtungsweise hat, wie ich schon früher erwähnt, wenigstens zur Zeit, für uns nur noch ästhetischen Werth, und jede Vermengung der Aesthetik mit der Wissenschaft lenkt diese unvermeidlich von ihrem Ziele ab und lähmt ihren Fortschritt. Deshalb musste ich auch jener Uebersicht die streng wissenschaftlichen Begriffe im Paragraphen gegenüberstellen. Mit jener Entwickelungsweise können wir nämlich gar nichts anfangen, weil ihre Stufen keine discreten Abtheilungen sind, sich vielmehr allmälig die eine zur andern erheben und daher gar nicht wissenschaftlich scharf auseinander gehalten werden können. Insbesondere verwischt sich uns, wenn wir die Köpfchen der Doldenpflanzen, der Leguminosen u. a. m. betrachten, der Unterschied zwischen Blüthenstand und zusammengesetzter Blüthe so völlig, dass eine sie auseinanderhaltende Definition völlig unmöglich erscheint. Dagegen giebt uns die gegebene Erklärung von Blüthe und Blüthenstand ganz scharfe Unterschiede, wodurch wir uns leicht überall in der Wissenschaft verständigen können; dieser Verständigung allein dient aber die wissenschaftliche Bezeichnungskunst.

Betrachten wir nun nach dieser Erörterung einige der zweifelhaften Erscheinungen, so werden wir sehr bald die Entscheidung finden, ob wir das Ding eine Blüthe oder einen Blüthenstand nennen sollen. Zunächst will ich hier die männlichen Blüthen der Coniferen hervorheben. Bei *Abies* finden wir eine Knospe, von der die untern Blätter sich wie an jeder Blattknospe ausbilden, die oberen aber ohne Weiteres sich in Staubfäden ** umwandeln; hier haben wir die einfachsten Blüthen zum einfachsten Blüthenstand vereinigt, nicht aber im Ganzen eine Einzelblüthe; dem ganz analog ist der Blüthenstand der weiblichen Blüthe ***, auch hier ist eine Knospe, deren Blätter aber keine Saamenknospen tragen können, eben weil es Blätter sind; aber in jeder Achsel eines solchen Blattes (Deckblatt) erhebt sich eine Axe **** und bildet zwei Saamenknospen. Bei allen Cupressineen ist die Bildung der männlichen Blüthenstände ganz eben so, bei den weiblichen scheinen die Saamenknospen Axillarknospen (mit Nebenknospen) der Deckblätter zu sein.

Nach den gegebenen Bestimmungen ergiebt sich uns ferner sogleich die Berechtigung, die Kolben der Aroideen (und selbst im einfachsten Fall, wo nur ein Frucht-

---

* Es würde dasselbe sein, wenn man sagte: 1000 stände der 1 näher als der 999.

** Dass hier Antheren an den Rücken einer Bractea angewachsen seien, ist wieder eine von den rein aus der Luft gegriffenen Fictionen, als ob es nicht Hunderte von *antheris posticis*, Hunderte von *antheris cristatis* gäbe.

*** Bei *Abies alba* kommt es nicht selten vor, dass ein Theil der untern Blätter des weiblichen Blüthenstandes geradezu in Staubfäden umgewandelt werden, dann aber auch keine Axillarknospen entwickeln.

**** Bei *Juniperus* vermuthe ich, nach zur Zeit noch unvollständigen Untersuchungen, dass die Verhältnisse ganz dieselben und nur dadurch verschieden sind, dass die Saamenknospe aufrecht, statt wie bei *Abies* hängend ist.

knoten mit einem Staubfaden an einem nur als Knötchen entwickelten Spadix von einer kaum sichtbaren häutigen Blustenscheide umschlossen wird, wie bei *Wolffia*) für einen Blüthenstand zu erklären, weil es an einer Blüthendecke fehlt.

Endlich will ich hier nur beiläufig noch auf die räthselhafte Familie der Podostemeen aufmerksam machen, bei der noch nicht wohl zu entscheiden ist, ob der Complex von Fruchtknoten und Staubfäden zusammen einer Blüthe oder einem Blüthenstande angehört. Es fehlt hier durchaus an der Entwickelungsgeschichte; jüngere Knospen von *Podostemon ceratophyllum*, in Spiritus bewahrt, zeigten mir die beiden Staubfäden, bei fast fehlendem Stiel, dem Fruchtboden so nahe gerückt, dass das an ihrer Basis stehende Deckblatt (?) mit den beiden am Fruchtknoten stehenden fast einen regelmässigen dreigliederigen Kreis bildete; es könnte wohl sein, dass hier eine Einzelblüthe nur durch wunderbare Entwickelung so auseinander gerissen wäre, zumal da bei andern, z. B. *Tristicha Thou.* (*Dufurea Willd.*) eine regelmässige dreitheilige Blüthenhülle einen Fruchtknoten und einen Staubfaden umschliesst und bei fast allen übrigen Geschlechtern die Blüthe ziemlich regelmässig erscheint.

§. 137.

Bei der Blüthe sind folgende Punkte ins Auge zu fassen, welche eine nähere Besprechung verdienen und daher die Abschnitte des Folgenden bilden müssen.

I. Die Anordnung der Blüthen an der Pflanze, Blüthenstand (*inflorescentia*), und der damit in Beziehung stehenden Blattorgane, der Deckblätter und Deckblättchen. — II. Von den Blüthentheilen zur Zeit des Blühens. — III. Von der Umbildung und Entwickelung der Blüthentheile zur Frucht. — IV. Von den Blüthentheilen zur Zeit der Saamenreife.

Manches hiervon brauche ich nur kurz zu berühren, weil es schon früher an der ihm eigentlich gebührenden Stelle abgehandelt ist, und liesse es hier lieber ganz weg. Ich möchte aber lieber durch Andeutung einer nothwendigen Reform der Wissenschaft nützen, als ihr durch eine unzeitig durchgeführte Revolution Verwirrung und Schaden bringen.

I. Vom Blüthenstand.

§. 138.

Schon früher ist angeführt, dass der Blüthenstand nichts ist, als die Axe und ihre Verästelung, insofern alle Knospen derselben Blüthenknospen sind. Man unterscheidet hierbei die einzeln stehende Blüthe entweder als Endblüthe (*flos terminalis*), oder als Seitenblüthe (*flos axillaris*). Die letztere ist wegen Verkümmerung der *folia floralia* oder *bracteae* zuweilen nackt (*nudus*). Trägt ein Seitenast nur eine Blüthe und etwa noch Deckblättchen (*bracteolae*), so heisst er unterhalb der Blüthe Blüthenstiel (*pedicellus*), die Axe, an der die Blüthenstiele als Axillarzweige sitzen, heisst Blüthenstengel (*pedunculus*). Bei der Endblüthe ist die Annahme eines *pedicellus* rein willkürlich und höchstens durch das Vorhandensein von Deckblättchen und einer Gliederung der Axe festzustellen. Die gehäuften Blüthen stehen der Anlage nach stets in einem Köpfchen (*capitulum*). Durch Ausdehnung des Blüthenstengels (*pedunculus*, hier *rachis* genannt) wird daraus eine Aehre (*spica*), durch Entwickelung der Blüthenstiele eine Dolde (*umbella*), durch Entwickelung beider eine Traube (*racemus*); man nennt dies

die einfachen Blüthenstände, und in der That giebt es keine andern und kann keine andern geben. Wird ein Blüthenstand von einer einzigen grossen Bractee umschlossen, so nennt man diese eine Blustenscheide (*spatha*). Wird er dagegen von einem Kreise oder einer zusammengezogenen Spirale von Bracteen umgeben, so heisst dieser Kreis von Deckblättern die Blustenhülle (*involucrum*)*. Die einfachen Blüthenstände können aber vielfach zusammengesetzt sein, wofür man viele unnütze Worte erfunden hat, ohne auf die Entwickelungsgeschichte und Zusammensetzung Rücksicht zu nehmen, meist nur die bestimmte Erscheinungsweise in einer bestimmten Familie bezeichnend, z. B. *anthela* der *Junceae*, *glomerulus* der Cyperaceen, nach Andern auch bei Amarantaceen und Chenopodeen, *anthurus* der Amarantaceen und Chenopodeen, ferner *panicula*, *fasciculus*, *thyrsus*, *cyma etc.* mit völlig unbestimmtem Begriff.

Wenn irgendwo sich das Wortmachen ohne Princip der Begriffsbildung, ohne gründliche Untersuchung des Einzelnen, geltend gemacht hat, so ist es in der Lehre von den Blüthenständen. Etwa die Lehre von der Frucht ausgenommen, herrscht nirgends in der Botanik eine solche Verwirrung, ein solcher Wust von Synonymen und doch eine solche Unvollständigkeit und Unvollendung der ganzen Lehre als gerade hier. Vielleicht war *Linné* selbst daran Schuld, indem allerdings kein Theil von ihm so oberflächlich behandelt ist, als der Blüthenstand, den er, ohne wie sonst auf scharfe Begriffsbildung auszugehen, blos nach der oberflächlichen Anschauung einiger wenigen Verhältnisse mit einigen nicht einmal definirten, sondern nur durch Beispiele erläuterten Worten bezeichnete. Auf dieser Bahn schritt man fort und nur *Röper* schlug einen neuen Weg ein und förderte die Lehre in mancher Beziehung, ohne aber die richtigen Abschluss gewährende Methode zu finden. Bis jetzt haben wir auch noch nicht von einem einzigen Blüthenstand eine Entwickelungsgeschichte erhalten, wohl aber viele Phantasien, wie sie einer aus dem andern entstanden sein sollen. Da für solche Phantasiespiele kein Princip aufzustellen ist, so hat auch jeder seine eigenen, und nicht allein in den complicirteren, sondern selbst zum Theil bei den einfachen Blüthenständen trägt jeder die Sache auf andere Weise vor. Wie viel Papier ist nicht seit funfzig Jahren über die Bedeutung der Extraaxillarinflorescenz der *Solanum*-Arten, über den schneckenförmig aufgerollten Blüthenstand der Borragineen verschrieben worden; hat wohl ein einziger Botaniker auch nur den Versuch gemacht, zuzusehen, wie sie sich bilden, um daraus ihre Natur aufzuklären? Und abgesehen davon, welchen unlogischen Wirrwarr zeigt die gewöhnliche Eintheilung der Blüthenstände bei fast allen Schriftstellern? Blüthenstand ist die Anordnung der Blüthen am Stengel, sagen die Meisten. Das Theilungsprincip kann also nur in der Verschiedenheit der Anordnung liegen. Aber die wenigsten Blüthenstände sind danach bestimmt; man unterscheidet nach der Substanz der Spindel den Spadix; nach der Gliederung mit der Pflanze, oder gar, wie *Bischoff*, nach der Natur der Blüthen das Kätzchen; nach der Reihenfolge des Aufblühens, wie *Lindley*, *corymbus* und *fasciculus*, *panicula* und *cyma*. *Link* macht wegen des angeblichen Fehlens der Bracteen bei *Ficus* ein neues Wort im Gegensatz zum *calathium* der Compositen; aber die bracteenlose Traube der Cruciferen nennt er Traube. Man unterscheidet Blüthenstände nach der Reihenfolge des Aufblühens, aber den Blüthenstand des *Dipsacus*, der von der Mitte nach oben und unten aufblüht, nennt man nach wie vor *capitulum* wie die von unten nach oben abblühenden. Hier ist es absolut unmöglich, dass ein Einzelner Rath schafft, nur das ernste Zusammenwirken Vieler, besonders derer, die Autorität in der Wissenschaft haben,

* Blust ist das altdeutsche Wort für Blüthenstand und bereits von *Link* wieder eingeführt, und wenigstens für zusammengesetzte Worte bequemer, übrigens möchte ich das allgemein angenommene und verständliche Wort Blüthenstand nicht aufgeben.

kann hier allmälig eine bessere und einfachere, also auch leichtere Behandlung der Lehre herbeiführen. Aber wann wird die Zeit kommen, wo der grössere Theil der Botaniker nicht vorgeblich, sondern dem Geiste und der Wahrheit nach nur die Wissenschaft, nicht sich selbst und die Befriedigung der eignen Eitelkeit unverrückt im Auge behält?

Gehen wir vom einfachsten Falle aus, so erhalten wir folgende Betrachtungsweise: Blüthen entstehen aus Knospen und diese entstehen, ausser der Endknospe, gesetzmässig nur in Blattachseln. Der erste und einfachste Blüthenstand ist also die einzelne Blüthe am Ende der Axe oder in ihren Blattachseln. Bei der Endblüthe ist Axe der Pflanze und Axe der Blüthe identisch, also ein Blüthenstiel nur dann zu unterscheiden, wenn eine ächte Gliederung zu einer Theilung der Axe berechtigt oder die Laubblätter plötzlich in Deckblättchen übergehen. Bei einem stetigen Uebergang ist eine Unterscheidung unmöglich. Das Blatt, in sofern seine Axillarknospe eine Blüthe wird, heisst dann Blüthenstützblatt (*folium florale*). Weicht dasselbe in Form oder Substanz bedeutend von dem gewöhnlichen Blatt derselben Pflanze ab, so nennt man es Deckblatt (*bractea*). Aber dieser Uebergang von *folium florale* in *bractea* ist kein plötzlicher; sowie beide in ihrer ersten Anlage völlig gleiche Blattorgane sind, so finden wir auch an einem und demselben Stengel oft alle Mittelstufen zwischen beiden, und z. B. bei *Veronica fruticulosa*, *Delphinium Ajacis*. *Epilobium angustifolium*, *Verbascum Thapsus* u. s. w. kann Niemand angeben, wo die *folia floralia* aufhören und die *bracteae* anfangen; so wird der Unterschied zwischen vielen einzelnen Axillarblüthen und einer Aehre oder Traube schon ein schwankender, der auch selbst an der ausgebildeten Pflanze in den angeführten Beispielen nicht scharf festzuhalten ist. Aber die Abweichung vom gewöhnlichen Laubblatt geht oft noch weiter: die in der Anlage deutlichen und grünen Blättchen (die Bracteen), z. B. bei der Georgine, werden in ihrer Ausbildung zu kleinen trocknen Hautfetzen, den Spreublättchen (*paleae*)*, oder verkümmern ganz und gar, so dass man am ausgebildeten Blüthenstand keine Spur mehr davon erkennt (wie bei den Compositen, denen man ein *receptaculum nudum* zuschreibt). Ebenso finden wir ein Verkümmern und endliches Verschwinden der Bracteen bei den Umbelliferen und Borragineen. Unter ersteren, bei denen man den ganzen Complex der Bracteen unter der einfachen Dolde *involucellum* **, unter der zusammengesetzten *involucrum* *** zu nennen pflegt, haben z. B. *Scandix Pecten*, *Astrantia caucasica*, *Bupleurum*, *Eryngium* ächte *folia floralia*, die allmälig in Deckblätter übergehen, wie sie bei *Daucus hispidus* und *Hasselquistia cordata*, *Oreomyrrhis eriopoda* allein vorhanden sind; bei *Petroselinum sativum* und *Heracleum speciosum* sind die Deckblätter der zusammengesetzten Dolde schon verkümmert, bei *Caucalis pulcherrima* ganz verschwunden, bei *Chaerophyllum aromaticum* werden auch die Deckblätter der einfachen Dolde schon klein, bei *Anthriscus* sind die innern völlig verkümmert, endlich bei *Pastinaca*, *Anethum*, *Pimpinella* sind sie meist alle verschwunden. Bei den Borragineen sind die *folia floralia* allmälig in Deckblätter übergehend bei *Cerinthe*, bei *Lycopsis* sind Deckblätter nach Oben verkümmernd, endlich bei *Symphytum* gar keine vorhanden.

Eine Eigenthümlichkeit bieten noch die Cupuliferen dar, bei denen noch ein oder mehrere Kreise von Deckblättern (z. B. *Fagus*) oder Deckblättchen (z. B. *Quercus*) untereinander verwachsen und mit der reifenden Frucht fortwachsen. Man hat sie *cupula* genannt †. Aehnliches findet bei den Bracteen der *Euphorbia* statt, wo

* und ** Völlig überflüssige Ausdrücke.

** und *** Besser *involucrum partiale* und *universale*.

† *Link* (*elem. phil. bot. Ed. II. II*, 109) sagt, die *cupula* sei während der Blüthe noch nicht vorhanden. Er hat wahrscheinlich nie eine blühende Cupulifere angesehen. Auch ist hier kein besonderer Theil mit angewachsenen Bracteen, wie er sagt, sondern die *cupula* entsteht nur aus verwachsenden Bracteen. Mit dem saftigen Saamenmantel von *Taxus* hat die *cupula* gar keine

10 Deckblätter gewöhnlich untereinander verwachsen, bei denen an den fünf innern gewöhnlich die freie Spitze anders gebildet und nach Innen geschlagen ist, während bei den äussern die ganze freie Spitze oder die Basis derselben fleischig (drüsig) entwickelt ist. Beide Erscheinungen fallen durchaus unter den Begriff der Blustenhülle.

Bei den Cruciferen scheinen ziemlich ausnahmlos gar keine Bracteen vorhanden zu sein, und doch glaube ich nach einigen (freilich nur wenigen) Untersuchungen annehmen zu dürfen, dass sie in der Anlage, z. B. bei *Iberis*, noch überall vorhanden sind.

Sowie aber auf der einen Seite bei sehr gedrängten Blüthenständen die Bracteen verkümmern, besonders im Innern des Blüthenstandes, so pflegen auch häufig bei kräftigerer Ausbildung der Bracteen die Blüthen in ihren Achseln fehlzuschlagen, zumal in den äusseren Theilen eines sehr gedrängten Blüthenstandes (leeres Deckblatt, *bractea sterilis*). Dazu gehört der Hüllkelch (*calyx communis*, *anthodium etc.*) der Compositen, die gleichen Blattkreise, welche die Mündung der Feigen schliessen, die äusseren Spelzen der Gräser (*gluma Juss.*, *calyx Linn.*, *lepicena Rich.*, *tegmen Palisot*, *glumae valvae Link*), die entweder beide oder eine, bald die oberste, bald die unterste, keine Blüthen in ihrer Achsel haben. Sinnreich bemerkt hierbei *Link*, dass die Gräser in dieser Beziehung auch eine zusammengesetzte Blüthe haben, oder richtiger, einen gleichen Blüthenstand wie die Compositen. Auf alle diese Vereinigungen von Bracteen kann man ganz allgemein den Ausdruck Blustenhülle anwenden, welcher dann das *involucrum* der Umbelliferen, den *calyx communis* der Compositen, die *cupula* der Cupuliferen, das *involucrum* der Euphorbiaceen, die *gluma* der Gräser u. s. w. umfassen und uns bei klarer und scharfer Begriffsbezeichnung auf einmal von einem grossen terminologischen Wust befreien kann.

Man darf in Folge dieser Erörterung wohl als allgemeines Gesetz aussprechen, dass nächst der Endblüthe die einzelne Blüthe stets und nur in der Achsel eines Blattes oder an dem einer solchen Blattachsel entsprechenden Platze erscheine.

So wie bei Zweigknospen zwischen Hauptknospe und Beiknospe zu unterscheiden war, so auch hier, auf welches Verhältniss bis jetzt, wie ich glaube, noch Niemand geachtet. Gleichwohl zeigen sich solche Beiknospen entschieden z. B. an den Blüthenständen von *Apocynum androsaemifolium*, *hypericifolium* u. s. w. Schwer ist es, zu sagen, ob auch die eigenthümlichen Verhältnisse des Blüthenstandes, z. B. bei *Penstemon*, hierher gehören, wo in der Gabeltheilung des Blüthenstengels statt einer (Terminal-) Blüthe zwei Blüthen stehen, von denen die eine mit längerem Blüthenstiel die andere überragt. Eben so scheint mir die Stellung der Blüthe von *Helianthemum variabile* seitwärts neben dem Blattstiel daher zu rühren, dass sie aus einer Beiknospe entsteht, während die Hauptknospe nicht zur Entwickelung kommt.

Ein eigenthümliches Verhältniss zeigt noch die Bractea bei den Linden. Die in jedem Jahre gebildete, zur Ueberwinterung bestimmte Axillarknospe hat ganz nach Aussen zwei opponirte seitliche Knospendecken, von denen die eine auch in diesem Zustande bleibt. Bei der andern aber bildet sich eine Knospe in ihrer Achsel, entwickelt sich noch in demselben Jahre, indem sie mit der ebenfalls auswachsenden Knospendecke verwächst, zum Blüthenstengel und zeigt so ein recht entschiedenes Beispiel einer *prolepsis*, die wenigstens um drei Jahre den homologen Gliedern der Pflanze vorauseilt. Eine solche wirkliche Verwachsung des Blüthenstiels mit der Bractea zeigt sich auch noch bei den männlichen Blüthen vieler Cupuliferen, z. B. bei *Corylus* und bei den Blüthen von *Saururus*.

Endlich ist hier noch zu bemerken, dass es besonders am Blüthenstengel sehr häufig vorkommt, dass sich die Substanz an den Stellen, die nicht die Basis der auf ihm sitzenden Theile sind, stärker ausdehnt und über jene Basis hinaus anschwillt. Dadurch erscheinen die auf ihm befestigten Theile entweder mit der Basis in kleine

---

Aehnlichkeit und sie ist nicht, wie *Link* sagt, den Amentaceen eigen, denn bei den ächten Amentaceen kommt sie gar nicht vor, sondern nur bei den Cupuliferen, die davon ihren Namen haben.

Grübchen eingesenkt (z. B. beim *receptaculum foveolatum* der Compositen) oder geradezu in kleinen Höhlungen der gleichförmigen Masse aufgenommen; wie z. B. bei den weiblichen Blüthen von *Dorstenia*. Natürlich kommt dieses Verhältniss häufiger an den sehr dicken und holzig oder fleischig entwickelten Blüthenstengeln vor.

Es können nun aber auch mehrere Blüthen so zusammengestellt sein, dass sie in einer nähern Gruppirung untereinander erscheinen und eine Gesammtform annehmen. Zunächst ist hier der einfachste Fall als Grundlage aller ins Auge zu fassen, der sich aus der Entwickelungsgeschichte ergiebt. In einer Knospe bilden sich Stengelglieder, die Einer Axe (hier Stengel, *rachis*, besser *pedunculus*, Blüthenstengel, wodurch wieder E i n völlig unnützes Wort gespart wird) angehören, sowie die dazu gehörigen Blätter und in jeder Blattachsel eine Knospe, die sich als einfache Blüthe entwickelt. In der Anlage giebt es keine entwickelten Stengelglieder, sondern diese Entwickelung ist etwas später Hinzukommendes, der ursprüngliche, nach der Einzelblüthe nächst einfache Blüthenstand ist also das Köpfchen (*capitulum*), eine Axe aus unentwickelten Stengelgliedern mit axillaren (Blumen-) Knospen, deren erstes Stengelglied nicht verlängert ist. Aus dieser Grundlage entwickeln sich alle andern einfachen Blüthenstände. Die nächst mögliche Veränderung ist die Entwickelung der Stengelglieder des *pedunculus*. Geschieht dies in der Längsrichtung, so ist der Blüthenstand eine Aehre, *spica* (*flores in pedunculo elongato*), geschieht es scheibenförmig, ein Blüthenkörbchen *calathium* (*flores in pedunculo disciformi*), ist die Ausdehnung becherförmig, so ist es eine Feige (*flores in pedunculo concavo*)*; endlich streckt sich der Blüthenstengel in die Länge und wird dabei verhältnissmässig fleischig, so ist es ein Kolben, *spadix* (*flores in pedunculo elongato carnoso*). Alle diese Formen bilden aber keine discreten Glieder einer Reihe, sondern gehen ziemlich stetig ineinander über; schon der Unterschied zwischen Köpfchen und Blüthenkörbchen ist gar nicht festzuhalten und eben so schwankend ist der zwischen Aehre, Kolben und Köpfchen (z. B. das *capitulum elongatum*). Das zweite sind die Stengelglieder der Axe jeder einzelnen Blüthe, die ebenfalls sich entwickeln können; bis jetzt hat man für das erste Stengelglied zwischen Spindel und Blüthentheilen [den Blüthenstiel, *pedicellus*]** nur das eine Verhältniss der Entwickelung in die Länge berücksichtigt***. Hierdurch wird dann aus dem Köpfchen eine Dolde (*umbella*), aus der Aehre eine Traube (*racemus*). Den *racemus* und die *spica* kann man dann noch näher bestimmen, je nachdem die Blüthen spiralig (z. B. *spica spiralis* bei *Gymnadenia odoratissima*), quirlförmig (z. B. *spica verticillata* bei *Myriophyllum verticillatum*), gefiedert oder zweizeilig (?), einzeilig (z. B. *racemus monostichus* bei *Myosotis palustris*), oder endlich einseitswendig stehen (z. B. *racemus secundus* bei *Digitalis purpurea*) u. s. w.

Der Blüthenstiel ist Stengelglied der Blüthenaxe und zwar das Erste oder die Ersten zwischen der Blattachsel der Axe, an der die Blüthe sitzt, und den ersten Blattorganen

---

* Diese ist vom Blüthenkörbchen nur im Mehr oder Minder verschieden; wenn *Link* (*El. ph. bot. Ed. II. II*, 75) als Unterschied angiebt, dass bei der Feige der *calyx communis* fehle, so hat er nie eine Feige angesehen, und wenn er sagt, sie entstände aus verwachsenen Unterkelchen (nämlich unterständigen Ovarien), so sind das Worte ohne Sinn, denn *Ficus*, wie alle Verwandte haben v o l l k o m m e n oberständige Ovarien und die Blüthe ist sogar auch innerhalb der Feige gestielt; verwachsen ist hier gar nichts, sondern der becherförmige *pedunculus* bei der Feige ist von Anfang an ein einfaches und als solches längst vorhanden, ehe noch eine Spur einer Blüthe zu sehen ist; zur Zeit des Knospenzustandes der Blüthen ist er sogar noch flach und nur durch das *involucrum* ganz genau so wie bei den *compositis* bedeckt.

** Abermals ein Beweis von dem Mangel logischer Schärfe, den man fast in allen Handbüchern findet. Es ist der grösste Schnitzer gegen wissenschaftliche Bezeichnungskunst, für einen Gegenstand zwei Worte zu haben (*pedunculus* und *pedicellus* für das Stengelglied unter einer Blüthe), und dann das eine Wort noch auf einen himmelweit verschiedenen Gegenstand anzuwenden (*pedunculus* auf die Axe, an welcher Blüthen sitzen).

*** Ob überall ein anderes zur Zeit der Blüthe vorkommt, ist mir unbekannt.

der Blüthe, oder das letzte Stengelglied zwischen dem letzten Blatt oder Deckblättchen und der terminalen Blüthenknospe. Dies Stengelglied kann gerade wie bei einer Zweigknospe unentwickelt bleiben (*flos sessilis*), oder sich mehr oder weniger in die Länge strecken, auch wohl später fleischig werden, z. B. *Anacardium* u. s. w. Noch weniger, wie die Blüthenknospe von der Blattknospe, ist er von dem untersten Stengelgliede eines Axillarzweiges verschieden*. Beide entwickeln sich zuweilen vor der Entfaltung der Knospe (z. B. die sogenannten *gemmae stipitatae* bei *Liriodendron* und die Blüthenknospen bei *Asclepias*), zuweilen während der Entfaltung derselben (z. B. Blattknospen bei *Tilia*), zuweilen gar nicht (z. B. Seitenast von *Ligustrum vulgare* und jede *flos sessilis*).

Die sogenannten einfachen Blüthenstände können sich nun untereinander wieder vielfach combiniren zu zusammengesetzten Blüthenständen. Man müsste hier gleichartige (reine) von ungleichartigen (gemischten) unterscheiden, z. B. die sogenannte *spica* der Gräser ist eine *spica composita*, die *umbella* der Doldenpflanzen eine *umbella composita* = reine Blüthenstände. Hier muss man nothwendig aber ein Köpfchen und eine Dolde, die aus der Zusammensetzung mehrerer entstanden sind und doch einem einfachen Blüthenstande gleichen, sowohl von den wirklich einfachen, als von den r e i n zusammengesetzten (*capitulis capitatis*, *umbellis umbellatis*) unterscheiden. Ich möchte dafür den Namen polycentrisch vorschlagen, da bei Köpfchen und Dolde die nicht entwickelte Axe gleichsam das Centrum vorstellt, von dem die Blüthen ausgehen. Solche polycentrische Köpfchen und Dolden finden sich bei den meisten Labiaten, z. B. bei *Marrubium infloresc. capitula polycentrica spicata*. Die *panicula* bei den meisten *Bromus*- und *Festuca*-Arten sind *spicae umbellatae umbellis spicatis*, oder *spicae racemosae racemis umbellatis*, *umbellis spicatis*. Die *anthuri* von *Rumex* sind (polycentrische?) *umbellae* (*capitula*) *spicatae spicis racemosis*, der Blüthenstand vieler Labiaten *umbellae* (oder *capitula*) *spicatae* = gemischte Blüthenstände u. s. w. Hier tritt nun aber aus der bisherigen Behandlungsweise der Blüthenstände der Fehler auf, dass man durchaus für einzelne Familien auch bestimmte Blüthenstände voraussetzte und daher die verschiedensten Combinationen mit demselben Namen belegte. Unter *panicula* werden die allerheterogensten Blüthenstände zusammengefasst und die Definition kann gar keine andere sein, als z. B.: »alle Blüthenstände der Gräser, die n i c h t *spica composita* (*spica*) sind,« also eine logisch falsche Definition. So heisst in vielen systematischen Werken jeder Blüthenstand bei den Junceen eine *anthela*; aber wie ist es nur möglich, diese Mannigfaltigkeit der Blüthenstände mit einem Worte zu bezeichnen, wenn man irgend gesunde Ansichten von wissenschaftlicher Bezeichnungskunst hat? Ist es nun aber nicht die frivolste Spielerei mit Worten, Dolden, Köpfchen, Aehren, Trauben und alle Zusammensetzungen derselben *anthela* zu nennen und dann wieder *anthela capituliformis*, *spicaeformis etc.* zu unterscheiden, da *anthela* hier durchaus nichts Anderes bedeuten kann, als *inflorescentia Juncacearum?* Es ist rein unbegreiflich, dass ein wissenschaftlich gebildeter (nicht blos gelehrter) Mensch in solchem Wortgeklingel Wissenschaft sucht und zu finden glaubt. Und nicht genug, es wird der Ausdruck *anthela*, damit er ja keinen Sinn habe, auch noch auf den Blüthenstand der Cyperaceen angewendet, bei denen derselbe wegen der verkümmerten in eine Aehre vereinigten Blüthen, seinem innersten

* *Link* sagt, er wachse nach der Blüthe unter ihr hervor und unterscheide sich dadurch von den Zweigen. Hätte er die Entwickelung einiger Blüthenknospen wirklich verfolgt, so würde er wissen, dass es damit nichts ist. Jede Zweigknospe bildet sich, wie die Blüthenknospe, als *gemma sessilis*; ob sich einzelne Stengelglieder später in die Länge entwickeln, ist bei beiden gleich verschieden. *Link* sagt ferner, dass er mit der Blüthe (soll doch wohl heissen mit der Frucht oder männlichen Blüthe) ganz oder zum Theil verwelkt, auch wohl abfällt, eine Eigenschaft, die er mit allen einjährigen Stengeln theilt (z. B. bei *Aquilegia*, *Aconitum*, Doldenpflanzen), die also ihn nicht unterscheidet.

Wesen nach, himmelweit verschieden ist. Der Grund liegt wohl mit darin, dass man bei sehr complicirten Blüthenständen einzelner Familien es zu mühsam fand, denselben auf die Zusammensetzung aus einfachen Blüthenständen genau zu untersuchen und lieber ein Collectivwort erfand, das dann durch einige Adjective oberflächlich genug näher bestimmt wurde. Dieser Ungründlichkeit haben wir das Sündenregister der Synonymik* zu verdanken, denn bei dem gänzlichen Mangel wissenschaftlicher Begründung solcher Bezeichnungsweisen ist jeder Andere eben so gut berechtigt, seine angebliche Weisheit geltend zu machen.

§. 139.

Sowohl der Blüthenstengel wie der Blüthenstiel können bald nach Entwickelung der Blüthen abfallen (*p. caducus*), z. B. die männlichen Blüthen von *Salix* u. s. w., oder mit der reifen Frucht (*p. deciduus*), z. B. bei *Cerasus avium*, oder auch nach der Reife der Frucht und der Verstreuung des Saamens an der Axe bleiben (*p. persistens*), z. B. *Aquilegia vulgaris*, oder selbst während des Reifens der Frucht sich auf mannigfache Weise durch Wachsen verändern (*p. excrescens*), z. B. bei *Anacardium*, *Hovenia dulcis* u. s. w.

Dass jeder Theil einer Pflanze längere oder kürzere Zeit dauern, längere oder kürzere Zeit mit der Pflanze in Verbindung bleiben und sich nach seinem ersten Erscheinen noch mannigfach verändern kann, ist etwas, was nicht dem Blüthenstengel und Blüthenstiel eigenthümlich ist und auch, statt es ein für allemal zu sagen, in den botanischen Handbüchern zum Ueberdruss bei jedem einzelnen Theil wiederholt wird, als ob es den Leuten an Stoff fehlte. In der Lehre von den Blüthenständen hat man dieser allgemeinen Eigenschaft aber eine specielle Bedeutung eingeräumt und unterscheidet Blüthenstände, z. B. *spica* und *amentum*, nach dieser Eigenschaft. Die drei ersten Momente gehören aber überall nicht der Morphologie, sondern den Lebenserscheinungen, der letzte nicht dem Blüthenstand, sondern der Morphologie der Stengelorgane an. Ich musste die Sache hier aber erwähnen, um die folgende Uebersicht der gewöhnlich angenommenen Blüthenstände nicht dunkel zu lassen.

§. 140.

Es hängt von Eigenheiten im Leben der ganzen Pflanze ab, die uns aber leider ihrer Ursache nach völlig fremd sind und nur als specifische Eigenheiten erfasst werden können, dass an der ganzen Pflanze bald dieser, bald jener Theil, aber in specifisch gesetzmässiger Folge in seinem Wachsthum und seiner Ausbildung gefördert wird. Das zeigt sich auch an den Blüthenknospen, die sich in bestimmter Reihefolge zu öffnen und zu verblühen pflegen. Es kann an der einfachen Axe nur folgende Verhältnisse geben:

1. Die Entwickelung der Blüthen folgt dem Alter derselben, so dass die untern, ältern Blüthen zuerst aufblühen und dann nach und nach die obern folgen. Man nennt dies einen centripetalen Blüthenstand (*inflorescentia centripeta*), z. B. *Philadelphus*, *Isotoma axillaris*.

* Die Eitelkeit, sich angeführt zu sehen, ist die Mutter der meisten unnützen Worte und es wird diese Misere nicht eher aufhören, als wenn man das Synonymenregister geradezu für einen botanischen Pranger erklärt, der einen Mann um so mehr entwürdigt, je öfter er daran gestanden; dann werden sich die Leute schon in Acht nehmen, ohne hinreichende wissenschaftliche Gründe neue Worte zu machen. Für Männer wie *Rob. Brown* u. dergl. ist mir dabei nicht bange; denn gerade die machen am meisten neue Worte, die am wenigsten Tüchtiges in der Wissenschaft zu leisten verstehen.

2. Die Entwickelung der Blüthen folgt der entgegengesetzten Reihefolge, so dass die obern, jüngsten Blüthenknospen zuerst sich öffnen und der Reihe nach die ältern folgen: centrifugaler Blüthenstand (*infl. centrifuga*), z. B. *Clematis integrifolia*, *Saxifraga* u. s. w.

3. Die Blüthen folgen keiner solchen einfachen Reihe und blühen z. B. von der Mitte nach oben und unten auf, wie bei dem Köpfchen von *Dipsacus*, oder die obern und mittlern fangen zugleich an zu blühen und das Aufblühen schreitet in zwei Absätzen nach Unten fort, z. B. bei *Campanula Medium*. Man kann dies eine unbestimmte Inflorescenz (*infl. vaga*) nennen.

Bei der zusammengesetzten Axe kommt dasselbe Verhältniss zwischen Hauptaxe und Nebenaxe in Frage und ist keineswegs nothwendig mit dem Gesetz an der einfachen Axe gleichförmig. So findet bei den meisten Compositen für das einzelne Köpfchen eine *inflor. centripeta*, für die Seitenäste im Verhältniss zu einander eine *inflor. centrifuga* statt, z. B. *Centaurea calocephala*, bei *Sanguisorba* dagegen zeigen sowohl die Köpfchen, als die Aeste eine *inflor. centrifuga*. Die meisten Labiaten endlich zeigen in dem Blüthenstande der einzelnen Seitenäste eine *inflor. centrifuga*, während die Aeste selbst sich centripetal entwickeln.

Auch dieses Verhältniss ist, wie sich von selbst versteht, ein dem Blüthenstande, d. h. Anordnung der Blüthen, durchaus fremdes, und gehört mit zu den Lebenserscheinungen der ganzen Pflanze, ist aber leider durch logische Unklarheit in die Lehre von den Blüthenständen verwebt worden, und ich war deshalb gezwungen, es hier zu berühren. Ein einigermaassen logischer Kopf wird leicht einsehen, dass die Reihefolge des Aufblühens nicht neben der Anordnung der einzelnen Blüthen verschiedene Arten von Blüthenständen begründen, sondern höchstens dazu dienen kann, bei einer und derselben Art von Blüthenstand specifische Unterschiede für einzelne Pflanzengruppen, Geschlechter oder Arten zu geben.

§. 141.

Ueber Structurverhältnisse ist hier wenig anzumerken, da eigentlich Alles schon bei Axe und Blatt erwähnt ist und nur Stellungsverhältnisse in Frage kommen. Gewöhnlich sind die Bracteen und Bracteolen aus dünnwandigerem Zellgewebe gebildet, zarter und oft auch gefärbt*, zuweilen sind sie bei ganzen Familien saftlos und trocken. Die Gefässbündel des Blüthenstiels stehen zuweilen der Zahl nach in bestimmtem Verhältniss zur Zahl der Blüthenblätter.

§. 142.

Uebersicht der gewöhnlich aufgeführten Blüthenstände.

A. Einzelblüthe, als Terminal- oder Axillarblüthe (*flos solitarius, term. vel. axill.*). Die letzteren können auch quirlförmig gestellt sein und bilden dann einen Quirl (*verticillus*).

B. Einfache Blüthenstände.

a. Inflorescentia centripeta.

1. Köpfchen (*capitulum*). Die unentwickelte Axe ist hier gewöhnlich fleischig oder schwammig aufgetrieben, sobald die Zahl der Einzelblüthen sehr gross ist

* *Coloratus*, d. h. von einer andern, als der grünen Farbe.

Auch kann man sie dann als einfach, scheibenförmig, becherförmig und flaschenförmig oder als kegelförmig und walzenförmig näher bezeichnen. Die letzte Form geht dann stetig in den Kolben über.

Besondere Arten sind:

a. Das Blüthenkörbchen (*calathium*, *anthodium Ehrh.*, *flos compositus Linn.*). Ein vielblüthiges Köpfchen, dessen Einzelblüthen in der Achsel mehr oder weniger verkümmerter Bracteen stehen und insgesammt von einem oder mehreren Kreisen steriler Bracteen umgeben sind, bei der Familie der Compositen.

b. Der Blüthenkuchen, Blüthenfeige (*coenanthium Nees*, *hypanthodium Link*). Ganz wie der vorige Blüthenstand, bei einigen Urticeen. (*NB*. Die Becherform des Blüthenstengels bei *Ficus* ist kein Unterschied, denn sie fehlt bei *Dorstenia* und findet sich bei einigen *Compositis*, ebenso wenig die sterilen Bracteen, die zwar bei *Dorstenia* ziemlich verkümmert, bei *Ficus* desto deutlicher vorhanden sind.)

2. Die Aehre (*spica*) in sehr verschiedenen Formen. Arten sind:

a. Das Kätzchen (*amentum*) soll sich dadurch unterscheiden, dass es ganz abfällt, oder gar durch die unvollkommenen Blüthen. Der männliche Blüthenstand bei Cupuliferen, Salicineen und Betulineen und einigen wenigen andern Pflanzen.

b. Der Kolben (*spadix*), eine dichtgedrängte Aehre oder zum Theil auch ein cylindrisches Köpfchen mit fleischigem Blüthenstengel, bei Aroideen, Mays und einigen andern Gräsern und bei den Palmen, bei letztern auch dann, wenn er noch so oft zusammengesetzt ist (*spadix ramosus*).

c. Der Zapfen (*strobilus* oder *conus*). Ein cylindrisches Köpfchen oder dichte Aehre, an der einzelne Blattorgane zu holzigen Schuppen werden, bei den Coniferen, bei Casuarineen, Betulineen und einigen andern.

d. Das Aehrchen (*spicula*). Der einfache Blüthenstand der Gräser und Cyperaceen, nämlich eine wenigblüthige Aehre, deren Blüthen keine Bracteen haben, an der Basis von einer oder zwei sterilen Bracteen (*glumus*) umgeben *.

3. Die Dolde (*umbella*) bei den Umbelliferen, in der Zusammensetzung Döldchen (*umbellula*) genannt.

4. Die Traube (*racemus*) kann in sehr verschiedenen Formen vorkommen; man unterscheidet gewöhnlich noch

a. die Doldentraube (*corymbus*), eine gegipfelte Traube.

β. Inflorescentia centrifuga.

5. Die Trugdolde (*cyma*), eine Doldentraube mit *inflor. centrifuga*. *NB*. Dass man nur bei diesem singulären Falle unterscheidet, ist ein Beweis der ganz unwissenschaftlichen Zusammenstoppelung der Terminologie. Man nennt aber auch die zusammengesetzte Traube, die zusammengesetzten Dolden und Köpfchen mit *inflor. centrifuga* eine *cyma*, was den allergemeinsten Gesetzen wissenschaftlicher Bezeichnungskunst zuwiderläuft. *De Candolle* hat den Ausdruck *cyma* auch auf den Blüthenstand der Borragineen angewendet, den er wegen seiner eigenthümlichen Aufrollung *cyma scorpioides* nennt, und die Fiction hinzufügt, die unterste, zuerst aufblühende Blume sei eigentlich die Terminalblüthe, die zweite die Terminalblüthe eines übermässig entwickelten Seitenastes u. s. w. Aus der Aufrollung folgt das hier so wenig, wie Aehnliches bei den Blättern der Farnkräuter und Cycadeen; die Stellung der Bracteen, z. B. bei *Cerinthe*, widerspricht dieser

* Es verhält sich zur Aehre, wie das Calathium zum Köpfchen.

Fiction geradezu, und die Entwickelungsgeschichte, die hier allein entscheiden kann, scheint mir nach einigen, freilich sehr unvollständigen, Untersuchungen zu beweisen, dass hier ganz einfach eine einseitige Traube oder Aehre vorhanden ist, deren Aufrollung nur eine eigenthümliche Knospenlage ist.

C. Einfach zusammengesetzte Blüthenstände.

α. Reine.

a. *Inflorescentia centripeta.*

6. Die Grasähre (*spica*): ährenförmig vereinigte Aehren bei den Gräsern; letztere werden hier Aehrchen (*spiculae*) genannt.

7. Die Umbelliferendolde (*umbella*): doldenförmig vereinigte Dolden; letztere werden hier Döldchen (*umbellulae*) genannt.

NB. Beide Ausdrücke hätte eine gesunde Terminologie längst ausmerzen und mit den Worten *spica* und *umbella composita* vertauschen sollen.

8. Die Rispe (*panicula*); vergl. Nr. 11.

Alle übrigen Combinationen sind keines besondern Namens gewürdigt, wenn sie nicht unter den *sub* 9 und 11 angeführten mitbegriffen sind.

b. *Inflorescentia centrifuga.*

9. Die Trugdolde (*cyma*); vergl. Nr. 5 und Nr. 14.

10. Die Spirre (*anthela*); vergl. Nr. 16.

β. Gemischte.

a. *Inflorescentia centrifuga.*

Vergl. Nr. 14.

b. *Inflorescentia centripeta.*

Vergl. Nr. 11.

D. Vielfach zusammengesetzte Blüthenstände.

a. *Inflorescentia centripeta.*

11. Die Rispe (*panicula*), jeder vielfach verästelte Blüthenstand, bei den Gräsern überall, sonst nur bei entwickelten Blüthenstielen.

12. Der Strauss (*thyrsus*), eine Rispe mit sehr kurzen Blüthenstielen, fast überall, mit Ausnahme der Gräser.

Beide Ausdrücke werden auch auf einfach zusammengesetzte Blüthenstände angewendet. *De Candolle* braucht *thyrsus* für Blüthenstände, die aus *inflor. centrifuga* und *centripeta* gemischt sind; Andere wieder anders, Alles rein willkürlich.

13. Der Blüthenschweif (*anthurus*), ein Blüthenstand, der ungefähr so aussieht, wie der von *Amaranthus caudatus*, oder der Chenopodeen.

b. *Inflorescentia centrifuga.*

14. Die Trugdolde (*cyma*), auch in mehrfacher Zusammensetzung, wobei aber nicht darauf Rücksicht genommen wird, ob die Seitenäste der *infloresc. centripeta* oder *centrifuga* folgen, bei längeren Blüthenstielen.

15. Der Blüthenbüschel (*fasciculus*), eine vielfach zusammengesetzte Trugdolde mit kurzen Blüthenstielen und ziemlich zusammengedrängt.

16. Die Spirre (*anthela*), allerhand Blüthenstände bei den Junceen und Cyperaceen.

17. Der Blüthenknaul (*glomerulus*), allerhand Blüthenstände, die fast wie ein Köpfchen aussehen und nur aus unansehnlichen Blüthen bestehen, wie bei einigen Chenopodeen, Urticeen und Junceen.

Ich überlasse es jedem einigermaassen denkenden Kopf, aus der vorstehenden Uebersicht selbst die traurigen Folgerungen zu ziehen, die sich daraus ergeben, und ich glaube, ich brauche mich gegen Keinen, der unsere Literatur kennt, gegen den Vorwurf zu rechtfertigen, als sei das Vorstehende nur ein frivoles Spiel meiner Laune. Eine wissenschaftliche Entwickelung der Blüthenstände hat zuerst *Röper* versucht. Niemand, so viel ich weiss, ist ihm gefolgt, als *Lindley*. Den Physiologen scheint die Sache nicht wichtig genug gewesen zu sein, die Systematiker haben zu viel mit ihrem Herbarium zu thun, und es ist viel leichter, ein neues Wort zu machen, als bei einer grossen Reihe von Pflanzen genaue Entwickelungsgeschichte zu studiren. Für Unkundige will ich noch folgende Beispiele hersetzen. Bei *Lotus corniculatus* findet *Koch* (*Syn. fl. germ.*) ein *capitulum*, *Kunth* (*fl. berol.*) eine *umbella*, *Reichenbach* (*fl. excurs.*) gar einen *fasciculus*. Bei *Eriophorum vaginatum* giebt *Kunth* eine *spica*, *Koch* eine *spicula* an. Bei *Cladium Mariscus* hat *Kunth umbellae axillares et terminales*, *Koch anthelae axillares et termin.*, *Reichenbach cymae t. et a.*; bei *Isolepis supina* sagt *Koch spiculis in fasciculum aggregatis*, *Kunth spicis conglomeratis*. Ich habe hier die französischen und englischen Botaniker noch weggelassen, sonst wäre die Sache noch bunter geworden.

Als ganz unnütz habe ich auch die grosse Menge von Synonymen weggelassen, und selbst von den Namen für bestimmte Blüthenstände nur die mehr gebräuchlichen angeführt. Ich hätte sonst allein ein Buch darüber und zwar über leere Worte schreiben müssen.

II. Von den Blüthentheilen zur Zeit des Blühens.

§. 143.

Die Blüthe entsteht aus einer Knospe (*gemma*, hier gewöhnlich *alabastrus* genannt) und ist nichts, als eine besondere Modification in der Ausbildung der in der Knospe enthaltenen Theile, nämlich verschiedener Blattorgane und Stengelglieder. Schon früher ist entwickelt, dass es an der Pflanze nur zwei wesentlich verschiedene Entwickelungsprocesse und daraus hervorgehend nur zwei Grundorgane der Pflanze geben könne, nämlich Axe und Blatt. Alle einzelnen Blüthentheile müssen daher auch auf diese beiden Grundorgane zurückführbar sein und zurückgeführt werden. Man nennt diese Zurückführung seit *Goethe* die Metamorphose der Pflanzen. Anfänglich wurde diese Betrachtungsweise der Blüthe nur durch die vergleichende Morphologie und durch die Beobachtung der Fälle gestützt, in welchen durch Störung des regelmässigen Entwickelungsprocesses einige oder alle Blüthentheile wieder Formen annehmen, in welchen man die Natur des Grundorgans, aus welchem sie hervorgingen, leicht wieder erkennen konnte. Dies Letztere nannte man die rückschreitende Metamorphose; als Beispiele dienen hier die verschiedenen Monstrositäten, das Gefülltwerden einer Blume durch Uebergang der Staubfäden in Blumenblätter, der Uebergang der Blumen- und Kelchblätter in Laubblätter u. s. w. Diese Begründung der Lehre von der Metamorphose hat aber zwei wesentliche Fehler, indem sie einmal individuelle Thatsachen durch Hypothesen und Vergleichungen zu gewinnen sucht, und zweitens in ihrem Fortschritt lediglich von begünstigenden Zufällen abhängig bleibt. Die richtige und sichere

Begründung dieser Lehre kann aber allein die Entwickelungsgeschichte geben, welche, erst in neuester Zeit in ihrem Rechte anerkannt, noch von wenigen Forschern angewandt ist, weshalb auch die ganze Lehre noch manches Lückenhafte, Unvollendete und Ungewisse zeigt.

Man behandelt zum Theil jetzt noch die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen als einen besondern Abschnitt in der Botanik, obwohl sie in der That nichts ist, als eine vereinzelte, abgerissene Anwendung des einzigen eigentlich wissenschaftlichen Princips, welches die Botanik zur Zeit haben kann, nämlich der Entwickelungsgeschichte. Von den Meisten wurde die Sache aber lange Zeit, von Einigen zum Theil wohl noch als eine anmuthige, neben der Wissenschaft herlaufende Spielerei angesehen; zum Theil war daran die Art und Weise schuld, wie die Metamorphose in die Wissenschaft eingeführt wurde.

Schon *Linné* hatte etwas Aehnliches geahnt und in seiner *Prolepsis plantarum (Amoenit. academ. Vol. VI. p.* 324.) in der Weise durchgeführt, dass er, von der Betrachtung einer perennirenden Pflanze mit regelmässiger Periodicität der Vegetation (wie bei unsern Waldbäumen) ausgehend, die sämmtlichen Blüthentheile von den Bracteen an für die Gesammt-Blattproduction eines fünfjährigen Triebs erklärte, welche verfrüht und verändert schon in einem Jahre entwickelt seien. Die ganze Ansicht geht einmal von einem höchst beschränkten Standpunkt, von der Betrachtung der Pflanzen unseres Klimas, aus und ist zweitens mit grosser Unklarheit gedacht und durchgeführt. Bis zur Bildung der Blüthe in der Achsel der Bractee geht die Sache allenfalls an, aber von da an beschränkt sich die Entwickelung auf Darlegung seiner unhaltbaren und im höchsten Grade oberflächlichen anatomischen Ansichten über den Zusammenhang der Blüthentheile mit den Elementen des Stammes, und nur in wenig sehr unbestimmten Worten wird bei jedem Blüthentheil darauf hingedeutet, dass derselbe (z. B. der Staubfaden) der Axillarknospe des vorgehenden (des Kronenblattes) entspreche, aber auch nicht einmal versucht, deutlich zu machen, wie es komme, dass die Axillarknospe des Kelchblattes nur als Ein Blatt (Kronenblatt) erscheine, und doch zugleich seine Axillarknospe entwickle, die abermals bis auf ein Blatt verkümmere; endlich ist auf die der ganzen Fiction direct widersprechende, doch gewöhnlich alternirende Stellung der Blüthentheile zu einander gar nicht eingegangen.

Den allein richtigen Weg zur Durchführung dieser Lehre schlug *C. Fr. Wolff (theoria generationis,* 1764) ein, indem er zuerst das Studium der Entwickelungsgeschichte auch in der Botanik als das wahre Princip geltend machte. Freilich irrte er in einzelnen Resultaten, und so namentlich in der Bestimmung der Staubfäden als modificirter Axillarknospen der Blumenblätter. Aber seine ganze geniale Thätigkeit blieb überhaupt für die Botanik völlig verloren, was sich aus dem Geiste der damaligen Wissenschaft leicht erklärt*.

---

* Haben doch noch selbst heute die wenigsten Botaniker nur eine Ahnung von der Bedeutung der Entwickelungsgeschichte, und während die thierische Physiologie mit bewunderswürdiger Schnelligkeit fortschreitet durch die stete Anwendung der richtigen Methode, während in ihr bald jede auftauchende Meinungsverschiedenheit ausgeglichen wird, weil das Princip, über dessen Richtigkeit Alle einverstanden sind, die Gewandtheit im Präpariren, die sich Jeder als unerlässliche Vorbereitung zum gründlichen Studium erwerben muss, schnell jede Frage allgemein entscheiden lässt, bleibt die Botanik trostlos hinter allen Wissenschaften zurück; endlose Streitigkeiten über die alltäglichsten Dinge verzehren die beste Zeit, und die Wissenschaft kommt nicht von der Stelle, weil die meisten Botaniker das, was ihnen von den wenigen Forschern, die eine höhere Richtung einschlugen, geboten wird, entweder gleichgültig bei Seite liegen lassen, oder ohne Urtheil, daher vom Zufall geleitet, bald Falsches, bald Richtiges excerpiren. An Nachuntersuchen ist bei den Meisten gar nicht zu denken. Das wichtigste Organ ist bei den phanerogamen Pflanzen die Anthere; wie viele Botaniker giebt es aber, die den Bau der Anthere vollständig aus

Lange nach *Wolff* schrieb *Goethe* seinen »Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären (Gotha, 1790),« worin er richtig die meisten Blüthentheile bis zu den Carpellblättern für Blattorgane erklärte. Bei seiner Methode der blossen Vergleichung und Berücksichtigung der Monstrositäten konnte er freilich über den Bau des Fruchtknotens nichts Erschöpfendes und Tiefes sagen. Dazu brachte er aus den *Schelling*'schen Lehren die spielende Vergleichung mit einer abwechselnden Contraction und Expansion hinein, aus welcher in Verbindung mit allmäliger Verfeinerung, die Verschiedenheit der Blüthentheile hervorgehen sollte. Dieses Letztere liess man bald fallen. *Goethe* fand anfänglich in der Botanik wenig Gehör, besonders in Deutschland, wo gerade die crasseste Geistlosigkeit der *Linné*'schen Schule herrschend war; *Jussieu* und *Usteri* erwähnten seiner zuerst in der wissenschaftlichen Botanik. Jedoch gelang es erst *De Candolle* (*Organographie, Paris* 1827) die allgemeine Aufmerksamkeit für diesen Zweig (oder richtiger für diesen Hauptstamm) der Botanik in Anspruch zu nehmen, und so wurde allmälig die sogenannte Metamorphose der Pflanzen als eignes Capitel in die Bearbeitung der Wissenschaft aufgenommen. *Wolff's* wurde dabei mit keiner Silbe gedacht, als höchstens um ihn mit philologischer Gründlichkeit als *Goethe's* Vorgänger zu citiren, und so blieb die ganze Lehre, ihrer allein richtigen Methode ermangelnd, für die Botanik ohne allen wesentlich fortbildenden Einfluss. Ueber die Bedeutung von Kelch, Krone, Staubfaden und Carpell als Blattorgane war man bald, bis auf einige Häretiker, einig. Die Saamenknospen liess man als Knospen an den Rändern der Carpellblätter entstehen und kümmerte sich übrigens um die tausend nahe liegenden Widersprüche nicht sehr. Die einzelnen complicirter gebauten Familien, die nicht so *prima vista* auf Carpellblätter zurückführbaren Pistille u. s. w. wurden nun der Tummelplatz für die zum Theil abenteuerlichsten Träumereien und Fictionen; die unglückliche Saat, die *Goethe* gesäet, wucherte mit trauriger Schnelligkeit auf und nächst dem Schellingianismus verdanken wir es ihm *, dass Phan-

---

eigner Anschauung kennen? Daher finden wir in den Büchern der den ersten Ruf geniessenden Botaniker über die Antheren Dinge vorgetragen, die wahrlich nicht um ein Haar besser sind, als wenn *J. Müller* die menschliche Lunge als einfach sackförmig beschriebe.

* Vielleicht trägt hier unschuldiger Weise einen Theil der Schuld eine in Briefen freundlich ausgesprochene Ermunterung *A. v. Humboldt's*, die sicher nicht so gemeint war, wie sie von *Goethe* aufgefasst wurde zu einer Zeit, wo es ihm, wegen gänzlichen Mangels mathematischer Anschauung und Kenntniss, mit seiner Farbenlehre gerade gar schlimm in der Wissenschaft ging. *Goethe* sagt (Zur Morphologie, Stuttg. und Tübingen 1817; S. 122.): »*Humboldt* sendet mir sein Werk mit einem schmeichelhaften Bilde, wodurch er andeutet, dass es der Poesie auch wohl gelingen könne, den Schleier der Natur aufzuheben; und wenn er es zugesteht, wer wollte es leugnen?« Sicher hat hier *Humboldt* nicht mehr sagen wollen, als dass es einem Dichter, der seinem innersten Wesen nach darauf hingewiesen ist, im einzelnen Falle das Allgemeine (nämlich das allgemein Menschliche) zu erfassen, auch wohl gelingen könne, einmal bei Betrachtung der Natur einen glücklichen Gedanken zu finden, aber ohne dass ein solcher glücklicher Gedanke schon Wissenschaft selbst sei und ohne weitere Ausführung und Bearbeitung ein integrirender Theil derselben werden könne. Die falsche Deutung, die *Goethe* dem Worte unterlegt, als sei eine poetische Behandlung der Natur der streng wissenschaftlichen an die Seite zu stellen oder gar vorzuziehen, konnte *Humboldt* nicht im Sinne gehabt haben. Sie fiel aber damals gerade in eine Zeit, wo die unklaren Schwärmereien der *Schelling*'schen Naturphilosophie, auf denselben Mangel psychologischer Orientirung gebaut, Phantasie und Verstand, Dichten und Denken, Poesie und Wissenschaft in ein für den ächten Dichter, wie für den klaren Denker gleich unschmackhaftes Gemenge zusammenrührten. Das hat uns viel Noth in die Wissenschaft gebracht und besonders der Botanik für lange Zeit eine zehrende Entwickelungskrankheit verursacht. Bald hat sich die Zoologie von diesem Fieber wieder erholt, denn sie hatte zu jener Zeit schon eine Menge gesunder Säfte entwickelt; aber die Botanik, die damals als das traurige *Linné*'sche Gerippe herumwankte, hat länger leiden müssen, da man, gegen den vorigen Zustand gehalten, die Fieberröthe für Zeichen der Gesundheit nahm. Poesie und Wissenschaft sind aber ihrem innern Wesen nach zwei

tasiespiele in der Botanik an die Stelle ernster und scharfer Wissenschaftlichkeit getreten sind. Auf jenem unbegrenzten Gebiete war natürlich die Phantasie jedes Einzelnen gleich berechtigt; an einem wissenschaftlichen Princip, welches zwischen abweichenden Meinungen die Entscheidung hätte übernehmen können, an einer Methode, deren anerkannte Richtigkeit für die Resultate einer Forschung hätte bürgen können, fehlte es durchaus.

Ich habe mich bemüht, in meiner methodologischen Einleitung für die Botanik aus der Betrachtung ihres Objects selbst ein solches Princip, eine solche Methode zu entwickeln, und spreche hier noch einmal meine feste Ueberzeugung aus, dass ohne strenge Durchführung der Entwickelungsgeschichte, im Ganzen wie im Einzelnen, die Botanik ein unwissenschaftliches Spielen in einer rein willkürlichen Anordnung und Combination unverstandener Formen ist und bleiben wird. Trotz unserer, bei Weitem weniger schwierigen Aufgabe, ist uns die Zoologie weit vorausgeeilt und hat uns den Weg gezeigt, den sie eigentlich von uns hätte lernen sollen.

Nach dem Vorgange *Rob. Brown's* versuchte ich es zuerst, die Entwickelungsgeschichte auf die Erkenntniss des Blüthenbaues anzuwenden. Ich fand so die Erklärung der Blüthe der Gräser, der *Carices*, die Zusammensetzung der Hülle bei *Euphorbia* u. s. w. Mit meinem verstorbenen Freunde *Vogel* publicirte ich die erste vollständige Entwickelungsgeschichte einer Blüthe und zwar einer *Leguminose*. Erst sehr spät sind mir einige Botaniker gefolgt und haben die Richtigkeit meiner Betrachtungen zum Theil bestätigt. Der erste war *Geleznoff* über *Tradescantia virginica* (*Bull. de la société imp. des Nat. de Moscau Tom. XVI.* 1843). Er war noch zweifelhaft, ob nicht die Staubfäden früher entständen, als die Blumenkrone. Bestimmter sprach dasselbe später *Duchartre* für die Malvaceen (*compte rendu* 1844 *seance* 18. *Mars*) und für die Primulaceen (*ibid. seance* 18. *Juin*) aus. Dagegen bestätigte *Barnéoud* vollständig meine Beobachtungen durch die Entwickelungsgeschichte der *Plantagineen* und *Plumbagineen* (*Compte rendu* 1844, 30. *Jul.*). Seltsamer Weise heisst es bei ihm*: »Die Entwickelungsgeschichte der Blüthe erfolge gegen meine Theorie (!) von Aussen nach Innen,« was wegen der von *Vogel* und mir gegebenen Abbildungen nicht einmal durch Unkenntniss der deutschen Sprache entschuldigt werden kann.

Man hat mehrfach versucht, die morphologischen Gesetze der Blüthenbildung aus den monströsen Bildungen zu entwickeln. Ich glaube, dass dieser Versuch ein durchaus verfehlter ist und eben eine gänzliche Unkenntniss des Werthes und der Bedeutung der Entwickelungsgeschichte voraussetzt. Wenn man auch von vorn herein jede Anwendung der Analogie vom Thiere auf die Pflanze verwerfen muss (S. 102.), so wäre doch den meisten Botanikern sehr zu wünschen, dass sie erst einen zoologisch-physiologischen Cursus gründlich durchmachten, damit sie wenigstens einigermaassen Methode in Behandlung organischer Naturkörper lernten. Wer ein paar Entwickelungsgeschichten nur etwas schwieriger Blüthen verfolgt hat, der hat sich sicher überzeugt, dass jeder Schluss von der entwickelten Blüthe auf ihre gesetzmässige Anlage und die Bedeutung ihrer Theile fast unvermeidlich zum Fehlschluss werden muss, und dass die Monstrositäten, gefüllte, proliferirende und in Laubblätter übergehende

---

getrennte Gebiete, die beide ihren ganzen Werth einbüssen, wenn man sie durcheinanderwirft. Eine dichterische Behandlung der Wissenschaft und insbesondere der Philosophie, der strengsten aller Wissenschaften, ist für den klar gebildeten Geist ebenso widerlich und geschmacklos, als wenn man in poetischer Rede einen Handel abschliessen, einen neuen Rock bestellen, oder einen Bedienten rufen wollte. Ein Lehrgedicht ist nüchterne versificirte Prosa, ein Ueberbleibsel der Barbarei des Mittelalters, eine poetische Wissenschaft, ein trüber Mysticismus eines unklaren Schwärmers, deren es freilich bei der mangelhaften Ausbildung unseres Denkvermögens in der Jugend noch lange Einzelne geben wird.

* Wenigstens in dem Auszug in der botanischen Zeitung von *Mohl* und *v. Schlechtendahl* 1845, (3. Jahrgang) Sp. 115.

Blüthen u. s. w. eben so sehr der Erläuterung durch die Entwickelungsgeschichte bedürftig sind, als die normal gebildeten Blüthen selbst. — Auch *H. Mohl* würde sich seine so scharfsinnig durchgeführte Betrachtung der *Poa vivipara* und seiner daraus abgeleiteten Erklärung der Grasblüthe (*Mohl und Schlechtendahl bot. Zeit. Bd. III.* S. 33.) sicher gespart haben, wenn er sich an einer einzigen Grasblüthe, an einer einzigen Carexblüthe einmal überzeugt hätte, wie durch einseitige spätere Ausbildungen die vollkommenste Symmetrie ganz und gar verdeckt werden kann. Ich habe geglaubt, auch insbesondere für ein besseres Verständniss über die Bedeutsamkeit der Entwickelungsgeschichte dadurch sorgen zu müssen, dass ich in den beigegebenen Kupfertafeln mehrere schwierigere oder lehrreiche Entwickelungsgeschichten mitgetheilt habe, nämlich Taf. II. Entwickelungsgeschichte des Blattes von *Pisum sativum*, der Blüthe von *Agrostis alba*, von *Carex lagopodioides* und *Canna exigua* und Taf. III. eine vollständigere Entwickelungsgeschichte der Blüthe von *Passiflora princeps*.

§. 144.

Man unterscheidet an der phanerogamen Blüthe von Aussen nach Innen (oder von Unten nach Oben) gewöhnlich folgende Theile: 1. die Blüthendecken, als Aussenkelch (*epicalyx*), dessen Theile Blätter (*phylla*), als Kelch (*calyx*), dessen Theile Kelchblätter (*sepala*), als Blumenkrone (*corolla*), deren Theile Blumenblätter (*petala*), oder statt dieser drei als Blüthenhülle (*perianthium*), deren Theile Blätter (*phylla*); 2. die Staubfäden (*stamina*), ausserhalb und innerhalb derselben einige accessorische kümmerliche Blattorgane unter sehr verschiedenen Namen und endlich 3. die Mitte der Blüthe einnehmend, den Stempel (*pistillum*), dessen einzelne Blattorgane, als Fruchtblätter (*carpella*). Am Staubfaden unterscheidet man den untern fadenförmigen Träger (*filamentum*) von dem obern, verdickten, hohlen, den Blüthenstaub (*pollen*) enthaltenden Theile, dem Staubbeutel (*anthera*). Am Stempel bezeichnet man den untern, die Saamenknospen (*gemmulae*) umschliessenden Theil als Fruchtknoten (*germen*)*, die obere, freie, gewöhnlich mit absondernden Wärzchen (*papillae*) besetzte Fläche als Narbe (*stigma*), und zwischen beiden häufig noch eine stielartige Verlängerung des Fruchtknotens als Staubweg (*stylus*).

Die phanerogame Blüthe ist das einzige physiologisch bestimmte Organ der Pflanze, indem sie den Apparat für die gesetzmässige Fortpflanzung enthält. Hierzu tragen aber nur zwei Formen bei, nämlich der Staubfaden, als Erzeuger und Träger des Pollens, und die Saamenknospe, als Ort für die Ausbildung des Pollens zum Embryo. Alle übrigen Theile der Blüthe, nämlich die Hüllen der ganzen Blüthe,

* Die bis jetzt am häufigsten gebrauchte Bezeichnung für die Saamenknospen ist Eierchen (*ovula*). Seite 109 hatte ich in einer Anmerkung den Vorschlag gemacht, die Botaniker möchten übereinkommen, alle die Ausdrücke, die in der Zoologie ihre bestimmte Bedeutung haben, aus der Botanik ganz zu verbannen, um der beständigen Verwirrung, die so leicht durch die aus jener Wissenschaft dunkel mit herüber gebrachten Begriffe entsteht, für die Zukunft vorzubeugen. Mit Freuden sah ich, dass mir ein besserer Mann, *St. Endlicher*, in seinem *Enchiridion botanicum* schon zuvorgekommen und, den Ausdruck *ovulum* verwerfend, dafür *gemmula* substituirt hat, und statt des allerdings noch gebräuchlicheren Eierstocks (*ovarium*), als untersten Theil des Stempels, das alte Wort *germen* gebraucht. Ich schliesse mich ihm hier an, und glaube das Wort *gemmula* passend durch Saamenknospe übersetzt zu haben; dagegen behalte ich von den vielen Ausdrücken für die gewöhnliche Bezeichnung des Saamenträgers als Mutterkuchen (*placenta*) lieber den Ausdruck *spermophorum* bei, als den wegen seiner Bedeutung mehrsagenden und daher nicht so zweckmässig gewählten und ohnehin grammatisch falsch gebildeten Ausdruck *trophospermium*.

»Blüthenhülle, Kelch und Blumenkrone«, und die Behälter der Saamenknospen (der Fruchtknoten, Staubweg und Narbe) sind in physiologischer Beziehung unwesentlich und können daher fehlen, ohne dass der Begriff der Blüthe aufgehoben würde.

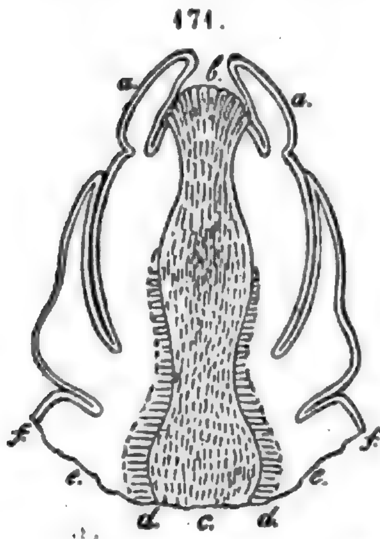
Für die richtige (morphologische) Betrachtung der Blüthe giebt es aber keinen Unterschied zwischen wesentlichen und unwesentlichen Formen, und daher müsste man richtiger eintheilen in Axenorgane und Blattorgane. Folgendes sind die zu berücksichtigenden Verhältnisse. Die Axe und ihre Modification sind die Grundlage der Blüthe, weil an ihnen die Blattorgane befestigt sind. An den Axenorganen der Blüthen finden sich nach Aussen mehrere Formen reiner Blattorgane, die Blüthendecken, accessorischen Blättchen und Staubfäden. Den innersten Theil nehmen Organe ein, die aus reinen Axenorganen oder aus einer engen Verwachsung von diesen mit Blattorganen gebildet sind, die man den weiblichen Apparat, besser die Fruchtanlage nennt. Daneben lassen sich aber die Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Blüthentheile, sowie ihre Dauer, zweckmässig zusammenfassen und allgemein behandeln; so erhalten wir für die folgenden Betrachtungen dieses Schema:

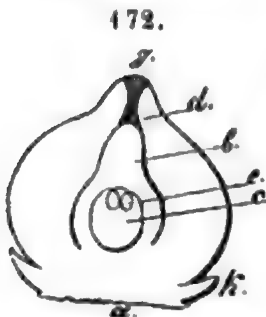
A. Axenorgane der Blüthe.
B. Zahl, Stellungsverhältnisse und Dauer der Blüthentheile.
C. Die reinen Blattorgane der Blüthe.
  a. Die Blüthendecken.
  b. Die Staubfäden.
  c. Die accessorischen Blattorgane.
D. Die Fruchtanlage.
  a. Vom Stempel.
  b. Vom Saamenträger.
  c. Von den Saamenknospen.

Man bezeichnet bis jetzt noch die Antheren als männliche Organe der Pflanze (zusammengenommen mit dem überflüssigen Wort *androeceum*), die Saamenknospen und ihre Behälter, das Pistill als weibliche Theile (zusammen als *gynoeceum*). Eine Blüthe, die beide Theile umfasst, nennt man eine Zwitterblüthe (*flos hermaphroditus*); Blüthen, die nur eins jener Organe enthalten, eingeschlechtige (*flores unisexuales, diclini*). Kommen im letzten Falle männliche und weibliche Blüthen (*mas et femina*) auf demselben Pflanzenindividuum vor, so nennt man dieses einhäusig (*planta monoica*), kommen sie nur auf verschiedenen Pflanzenindividuen vor, zweihäusig (*pl. dioica*). Einen Blüthenstand, der männliche und weibliche Blüthen enthält, nennt man auch *inflorescentia androgyna*. Man muss hier aber unterscheiden, ob männliche und weibliche Blüthen nach einem verschiedenen Plane gebaut sind, z. B. bei den Cupuliferen (ächte Diclinie), oder ob nur durch das Verkümmern des einen oder andern Theils in einer hermaphroditisch angelegten Blüthe eine unächte Diclinie eintritt. Dies letztere Verhältniss, welches niemals für alle Exemplare der Pflanzenart durchgreifend ist, ruft die monöcischen und diöcischen Arten in Geschlechtern mit hermaphroditen Blüthen hervor und gab *Linné* Veranlassung zur Aufstellung seiner 23. Classe, *Polygamia*, wo bei einer und derselben Art männliche, weibliche und hermaphrodite Blüthen vorkommen sollen.

Sehr mit Unrecht zählt man gewöhnlich den Stempel als Behälter der Saamenknospen und als Erleichterungsapparat der Befruchtung auch zu den wesentlichen

Blüthentheilen, er kann aber eben so gut wie die Blüthenhüllen fehlen, bei Coniferen, Cycadeen und Loranthaceen, die eine nackte Saamenknospe haben. Die einfachste Form der Blüthe ist die, in welcher nur einige Blattorgane in Antheren umgebildet sind und zwischen ihnen das einfache Ende der Axe die einfachste Form der Saamenknospe darstellt. Als solche Idealblüthe (Urblüthe) könnten wir geradezu die von *Viscum album* (171) in Anspruch nehmen, wenn hier nicht das reine Verhältniss dadurch getrübt wäre, dass auf dem einen Exemplare sich stets nur die Antheren entwickeln, die Saamenknospe aber nicht für ihre Functionen ausgebildet wird, während auf einem andern Exemplare gerade nur die Axe sich vollkommen zur einfachsten Saamenknospe ausbildet, während um dieselbe herum die vier Blattorgane als Blätter verharren. Endlich bemerke ich noch, dass bei dem einfachen Bau von *Viscum* noch nicht einmal eine Trennung der Axe als Blüthenstiel von der Axe als Saamenknospe eingetreten ist. Die Axe hört in der Blüthe unmittelbar mit kaum merklicher rundlicher Endung auf, und Alles, was der Saamenknospe eigentlich ihre Bedeutsamkeit verleiht, namentlich die Bildung des Keimsacks, sowie später die Entwickelung des Embryo, geht hier in dem Theil der Axe unterhalb der Blüthe, also im Blüthenstiel, vor sich. Der Ausdruck *gemmula infera* wäre hier in der That sehr passend. Unter den Coniferen ist die weibliche Blüthe von *Taxus* (172) ein Beispiel des einfachsten Baues. Auch hier ist von Blüthenhüllen oder Saamenbehältern gar nicht die Rede, aber die Saamenknospe besteht nicht mehr in ihrer einfachen Form als nackter Saamenkern (*nucleus nudus*), sondern enthält eine Knospenhülle (*integumentum*), aber keinen Fruchtknoten (*germen*), und deshalb bleibt es auch immerhin eine nackte Saamenknospe [*gemmula nuda*]*.





Die ganze Eintheilung in wesentliche und unwesentliche Blüthentheile ist aber eine für meine Darstellung der Sache durchaus unbrauchbare. Für die morphologische

171. *Viscum album.* Längsdurchschnitt durch die weibliche Blüthe. *a a* Blüthenhüllblätter. *b* Nackte Saamenknospe, nur aus dem nackten Kern bestehend und gebildet von dem etwas halbkugelig hervorragenden äussersten Ende des Stengels. *c* Mark; in der mittleren Anschwellung desselben bilden sich einige Zellen zu Keimsäckchen um. *d* Gefässbündelkreis. *e* Rinde. *f* Oberhaut.

172. *Taxus baccata.* Längsdurchschnitt durch die Saamenknospe. *a* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Einfache Knospenhülle. *e* Grosse Zellen des Endosperms (*corpuscula Rob. Br.*). *g* Knospenmund und *k* Anlage zum Saamenmantel.

---

* *Link* (*Linnaea*, Bd. XV. 1841 [!], S. 482.) bemerkt mit dem Scheine grossen Scharfsinnes gegen *Rob. Brown's* Ansicht von dem Bau der Coniferenblüthe: »*si ad micropylen apertam respicis semen nudum dicere poteris, si vero ad integumenta (ex quo stigmata duo excedunt) tectum erit.*« Hätte *Link* die Schriften von *Rob. Brown*, *Brogniart* und *Mirbel* etwas mehr als flüchtig durchblättert, so würde er wissen, dass diese Männer eine *gemmula nuda* sehr scharf vom *nucleus nudus* unterscheiden, nach bekanntem Sprachgebrauch heisst *nudus* nämlich ein Organ, dem die nächstfolgende Hülle fehlt, dem *nucleus* also das Integumentum, der *gemmula* das *germen*. *Semen* heisst Kern und Hülle zugleich, und kann nur dann nackt genannt werden, wenn kein *pericarpium* vorhanden ist; es handelt sich hier aber um die *gemmula;* die Mikropyle ist ein Theil der Knospenhülle, das Stigma ein Theil des Pistills. Entweder ist das Integument des *nucleus* bei den Coniferen eine Knospenhülle — denn es ist verkehrt, von Stigma zu sprechen — oder es ist ein *germen*, dann ist keine Mikropyle vorhanden. Ich muss aber unten darauf noch einmal zurückkommen.

Betrachtung der Pflanze ist jedes Organ gleich wesentlich als bestimmter Ausdruck der formbildenden Thätigkeit und es ist dabei völlig gleichgültig, ob denselben dabei eine bestimmte Function zugetheilt ist und welche. Für die morphologische Behandlung der Blüthe ist die einzig richtige Eintheilung die in Axenorgane und Blattorgane; ich mag aber hier diese Reform nicht gleich streng durchführen, um mich nicht zu sehr von dem hergebrachten Schlendrian zu entfernen und dadurch vielleicht, wenn auch nicht unverständlich, doch scheinbar zu schwierig zu werden, obwohl in der That die Entwickelung der Blüthe dadurch viel einfacher wird und unzählige, sonst unvermeidliche Wiederholungen vermieden werden. Bei der fast gänzlichen Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte war auch bisher keine andere, als die gewöhnliche Behandlungsweise möglich.

Ferner muss ich hier noch Folgendes berühren. Man zählt seit *Linné* gewöhnlich die *Nectaria* noch mit unter den Blüthentheilen auf, charakterisirt durch die Absonderung einer sehr zuckerhaltigen Flüssigkeit; später liess man dies Merkmal auch wohl weg und sah mehr auf die äusseren Formen, so dass zuletzt alles Mögliche unter dem Namen zusammengewürfelt worden ist. Man muss, wenn man überall den Blüthenbau verstehen will, zunächst Axen und Blattorgane und sodann selbstständige Organe und blosse Anhängsel und Auswüchse bestimmter Organe unterscheiden. Bei allen diesen Theilen kann es vorkommen und kommt wirklich vor, dass ein Theil der Oberfläche seine Epidermis nicht entwickelt und einen zuckerhaltigen, oft auch andern Saft absondert. Weder dies ganz untergeordnete und überall gelegentlich vorkommende Structurverhältniss, noch die Function, und diese am wenigsten, rechtfertigen die Annahme eines besondern Organs. Der Form nach die Nectarien zu bestimmen, hat aber noch Niemand versucht, es ist auch in der That unmöglich. Ich streiche daher dieses Wort, welches völlig überflüssig geworden, in der Morphologie aus.

A. Von den Axenorganen der Blüthe.

§. 145.

Nur sehr wenige Blüthen giebt es, die so einfach gebaut sind, dass sie nur aus einem einzigen einfachen wesentlichen Theile beständen, so dass gar keine Bildung von Stengelgliedern innerhalb der Blüthe möglich ist und das Ende des Blüthenstiels unmittelbar den vorhandenen Blüthentheil trägt; so ist's mit der männlichen Blüthe der Euphorbien, wo das Ende eines Blüthenstiels einen einzigen Staubfaden trägt, so bei der männlichen Blüthe der Abietineen, wo ein einziges, zum Staubfaden umgewandeltes, Blattorgan die ganze Blüthe bildet, so bei der weiblichen Blüthe von *Taxus*, wo der kleine, mit Deckblättchen besetzte Blüthenstiel unmittelbar als nackte Saamenknospe endet. In den meisten Blüthen dagegen sind mehrere Theile vereinigt, die nicht auf gleicher Höhe an der Axe stehen, und somit nehmen an der Bildung der Blüthe auch eine grössere oder geringere Anzahl Stengelglieder Theil. Der ursprüngliche Zustand der Stengelglieder, der unentwickelte, bleibt hier auch am häufigsten der dauernde, und sehr gewöhnlich endet der Blüthenstiel, nach Abtrennung aller Blüthentheile, in einem kleinen, unbedeutend verdickten Knoten, der die gesammten Stengelglieder der Blüthe im unentwickelten Zustande, den einfachen Blüthenboden (*torus*), darstellt. Ziemlich selten sind die Beispiele, dass sich die einzelnen Stengelglieder in die Länge strecken; zwischen den Blüthendecken ist es am seltensten, kommt jedoch bei einigen Caryophylleen zwischen Kelch und Blumenkrone vor, in einigen Familien dagegen streckt sich das Stengelglied zwischen

den nächsten Blüthendecken und den Staubfäden, Staubfadenträger (*androphorum*), sowie das zwischen Staubfäden und Fruchtknoten, Stempelträger (*gynophorum*) in die Länge. Das letzte bezeichnet man gewöhnlich als *germen stipitatum*. Für Beides finden sich Beispiele bei den Passifloren und Cappurideen.

Ein bedeutend längerer Theil ohne Verlängerung der einzelnen Stengelglieder findet sich als Stempelträger häufig in den Blüthen, die sehr viele Fruchtknoten enthalten (z. B. bei Rosaceen, Ranunculaceen, Magnoliaceen u. s. w.). Oefter dagegen kommt der Stempelträger als ein halbkugeliger oder kissenförmiger Theil vor, wie bei andern Rosaceen und Ranunculaceen; eine sehr seltene Form desselben ist die eines umgekehrten Kegels, der auf seiner nach Oben gekehrten Basis die Fruchtknoten trägt (bei *Nelumbium*). Aeusserst selten verlängert sich, ausser diesem Falle und ohne selbst zum Fruchtknoten zu werden, die Blüthenaxe noch innerhalb der Blüthentheile, doch kommt dies in den männlichen Blüthen einiger Palmen und anderer Pflanzen vor, z. B. bei *Chamaedorea*, wo die Spitzen der Blumenblätter mit der Spitze der durchgehenden Blüthenaxe verwachsen*.

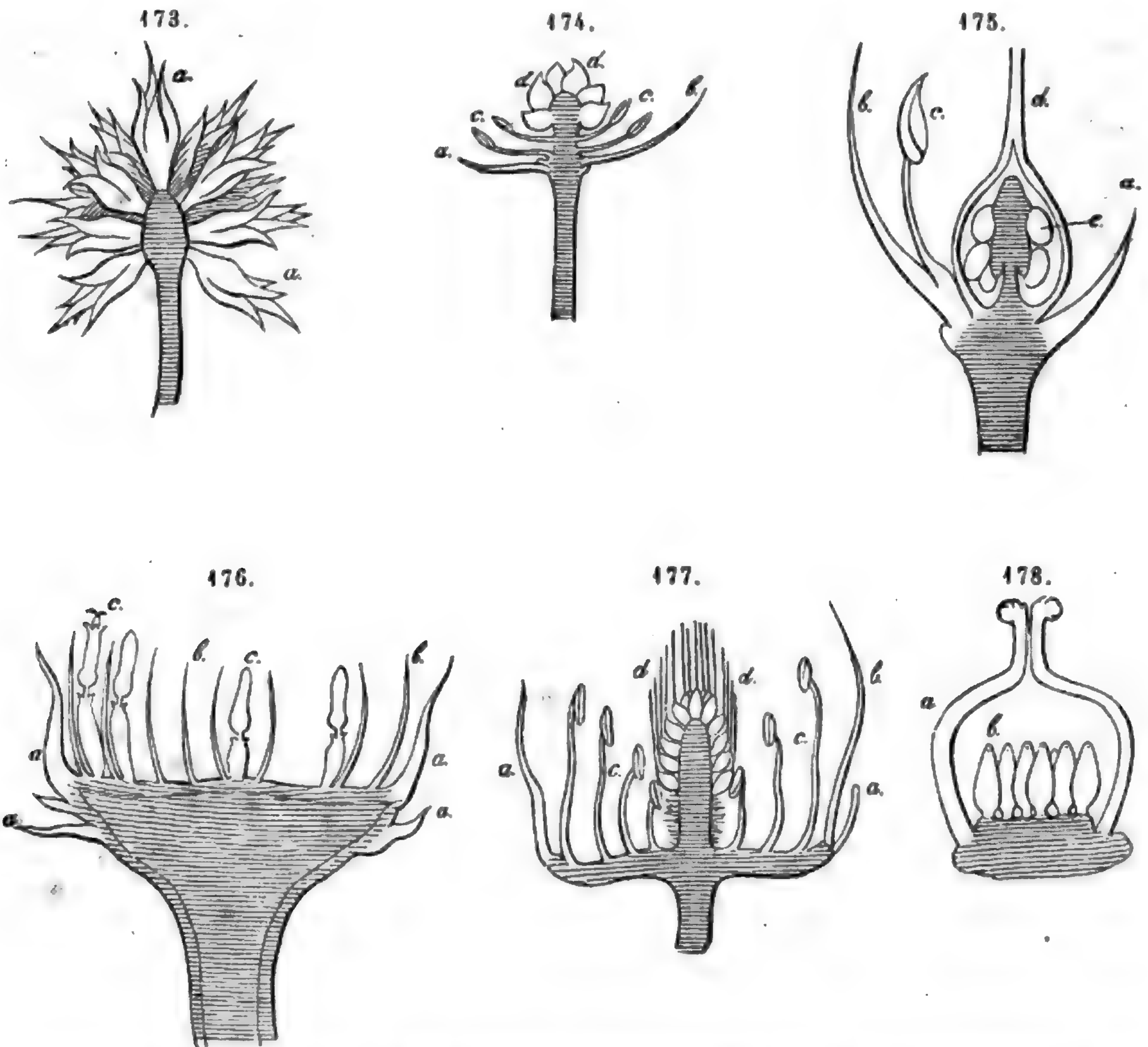
Zuweilen bildet sich bei sehr gedrängtem Blüthenstande an Axillarknospen der Blüthenboden schief aus und steigt an einer Seite in die Höhe, besonders unterhalb des Fruchtknotens, so dass jener als Theil der Seitenwand dieses erscheint, z. B. bei den meisten Gräsern. Etwas ganz Aehnliches tritt aus ähnlichen Ursachen beim Vorhandensein vieler einzelner Fruchtknoten in einer Blüthe bei den Theilen des Fruchtbodens ein, welche die Basis jedes einzelnen Fruchtknotens bilden, und sie werden so scheinbar ein Theil der Fruchtknotenwand (z. B. *Potamogeton*, *Dryadeae*).

Ungleich häufiger ist dagegen in der Blüthe die Entwickelung der Stengelglieder als Scheibe oder als hohle Becherform. Bilden die gesammten Stengelglieder der Blüthe eine hohle, selbst bis zu einer cylindrischen Röhre ausgezogene Form, die nur Saamenknospen umschliesst und auf ihrem obern Rande alle Blüthentheile trägt, so ist das der sogenannte unterständige Fruchtknoten (*germen inferum*).

Jede andere derartige Ausbreitung der Stengelglieder der Blüthe, die nicht unmittelbar Saamenknospen trägt, heisst dann die Blüthenscheibe (*discus*). Diese kann dann unterhalb der Fruchtanlage stehen, unterständige Scheibe (*discus hypogynus*) und dann flach sein, wie bei *Potentilla*, *Fragaria*, oder becherförmig, wie bei *Rosa*, *Populus* (*mas*). Dieser letztere kann frei sein (*Rosa*) oder mit dem, auf seiner innern Fläche stehenden Fruchtknoten verwachsen (*Pyrus*), oder er kann von der Mitte des (halb unterständigen) Fruchtknotens abgehen, umständige Scheibe (*discus perigynus*), wie bei vielen Myrtaceen, oder er kann endlich oberhalb des (unterständigen) Fruchtknotens sich erheben, oberständige Scheibe (*discus epigynus*). Hier kommt es sehr selten (oder nie?) flach vor, aber trichterförmig bei *Godetia*, langröhrenförmig bei *Oenothera*, staubwegartig bei den Orchideen und Aristolochieen. In allen diesen Fällen können die Blattorgane der Blüthe an sehr verschiedenen Stellen stehen. Gewöhnlich freilich nehmen sie alle zusammen eine

* Hier und in einigen ähnlichen Fällen nennt man dieses Stück der Axe ganz falsch einen verkümmerten Fruchtknoten; der Fruchtknoten besteht in diesen Fällen gewöhnlich aus Fruchtblättern und diese sind auch nicht einmal als fehlgeschlagen vorhanden; der Saamenträger ist aber nur durch die Saamenknospen von der Axe verschieden und hier also auch nicht vorhanden.

Zone, den Rand der flachen oder concaven Scheibe ein; es entspricht dann die Scheibe gleichsam so vielen auf einander liegenden Scheiben, als durch die Zahl der Blattorgane Stengelglieder bestimmt sind. Nicht selten stehen die reinen Blattorgane am Rande und die Fruchtknoten auf seiner inneren oder oberen Fläche in einem oder mehreren Kreisen (z. B. *Rosa*, *Punica*, *Onagrariae*). Seltener schon



173. *Echinops ruthenica*. Ein Köpfchen mit Blüthenknospen (*a*) im Längsdurchschnitt. Der schattirte Theil ist Axenorgan (Blüthenstengel).

174. *Ranunculus procerus*. Eine Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (Blüthenstengel, Blüthenboden).

175. *Ephemerum Matthioli*. Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfaden. *d* Fruchtblätter, die Fruchtknoten, Staubweg und (die abgeschnittene) Narbe bilden. *e* Saamenknospe. Der schattirte Theil ist Axenorgan (Saamenträger).

176. *Helianthus annuus*. Ein Köpfchen im Längsschnitt. *a* Blätter der Hülle. *b* Deckblätter (Spreuschuppen). *c* Blüthen. Der schattirte Theil ist Axenorgan (scheibenförmiger Blüthenstengel).

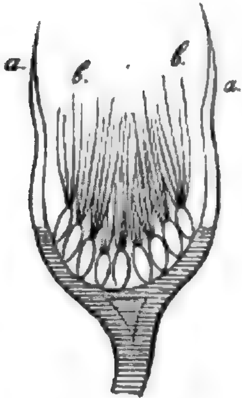
177. *Geum rivale*. Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (scheibenförmiger Blüthenboden = Scheibe und in der Mitte Stempelträger).

178. *Arisarum australe*. Stempel im Längsschnitt. *a* Fruchtblätter, Seitenwand und Decke des Fruchtknotens, den Staubweg und die Narbe bildend. *b* Saamenknospen. Der schattirte Theil ist Axenorgan (scheibenförmiger Saamenträger, zugleich den Boden des Fruchtknotens bildend).

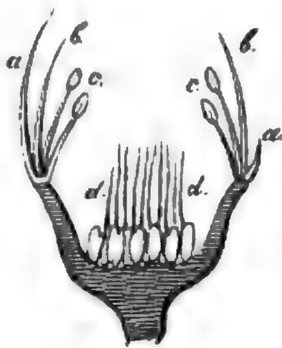
stehen am Rande nur die Blüthendecken, die Staubfäden aber von ihnen entfernt auf einer innern Fortsetzung der Scheibe, z. B. bei den Orchideen.

Die Scheibe ist keineswegs immer regelmässig entwickelt, sondern zuweilen nur einseitig ausgebildet, wodurch die ganze Blüthe schief (unregelmässig, aber symmetrisch) erscheint; so z. B. bei *Reseda*. Am auffallendsten ist die Bildung bei

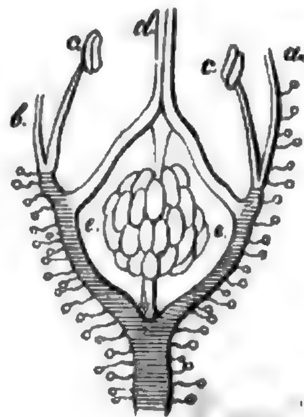
179.



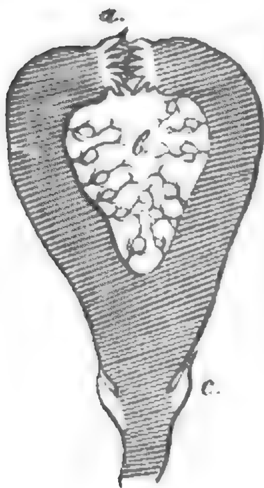
180.



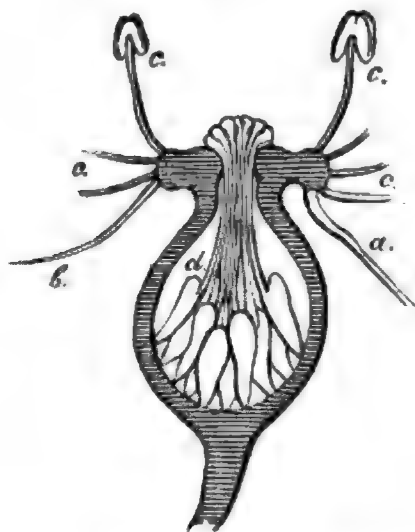
181.



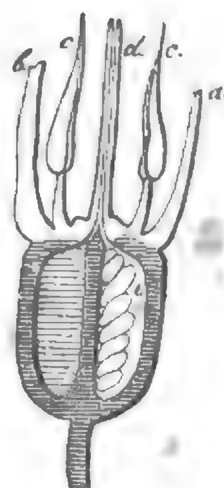
182.



183.



184.



179. *Sonchus asper.* Verblühtes Köpfchen im Längsschnitt. *a* Hüllblätter. *b* Halbreife Früchtchen mit dem haarförmigen Kelch gekrönt. Der schattirte Theil ist Axenorgan (becherförmiger, concaver Blüthenstengel).

180. *Dryas octopetala.* Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (becherförmiger concaver Blüthenboden = Scheibe).

181. *Heuchera villosa.* Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter, die Decke des Fruchtknotens und den Staubweg bildend. *e* Saamenknospen. Der schattirte Theil ist Axenorgan (Boden und Seitenwand des Fruchtknotens und eine schmale perigynische Scheibe bildend).

182. *Ficus carica.* Blüthenköpfchen im Längsschnitt. *a* eigentliche Hüllblätter. *b* Blüthen. *c* äussere Hüllblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (krugförmiger Blüthenstengel).

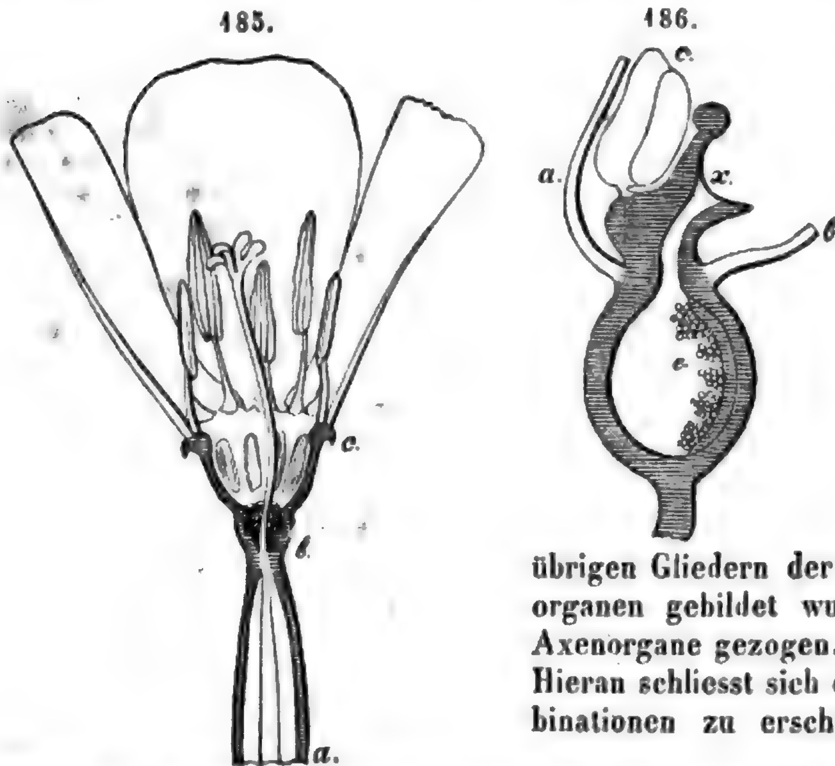
183. *Rosa davurica.* Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (krugförmiger Blüthenboden = Scheibe).

184. *Leucojum vernum.* Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Kronenblätter. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter, nur noch den Staubweg und die Narbe bildend. *e* Saamenknospen. Der schattirte Theil ist Axenorgan (unterständiger Fruchtknoten).

Pelargonium, wo die Scheibe eine einseitige Vertiefung am Blüthenstengel bildet und bei *Tropaeolum*, wo der Sporn allein von der Scheibe gebildet wird.

Ueber den Bau der Stengelglieder der Blüthe ist wenig Besonderes zu sagen: sie gleichen hierin ganz den einjährigen Stengelgliedern überhaupt; nur ist zu bemerken, dass sie oft wenigere und einfacher entwickelte Gefässbündel haben. Insbesondere ist noch zu erwähnen, dass innerhalb der Blüthe die Oberhaut der Stengelglieder (wie bei einigen Blattorganen auch) häufig nicht entwickelt ist, sondern statt ihrer ein zartes, weiches, etwas gelblich erscheinendes und gewöhnlich etwas zuckerhaltige Feuchtigkeit absonderndes Zellgewebe die Fläche überzieht (*Nectarium*).

Bei dem so gedrängten Bau der Blüthe und den vielfachen Verwachsungen war es nicht leicht, die im Paragraphen berührten Verhältnisse rein aufzufassen und von allen Blüthentheilen sind diese Bildungen am spätesten richtig verstanden worden. Am leichtesten erscheint die Auffassung, wenn man die verschiedenen Formen, welche die Axe annimmt, in parallelen Reihen neben einander stellt, wie auf der beifolgenden Uebersichtstafel (Fig. 173—184) geschehen ist. Man verfolgt hier die Bildung des Stengels von einer einfachen rundlichen Anschwellung durch die flache Scheibe, die hohle Becherform, bis zur oben geschlossenen krugförmigen Gestalt und zwar in drei parallelen Reihen, nämlich *a*. ganze Blüthen tragend (173, 176, 179, 182). *b*. Fruchtknoten, nämlich Fruchtblätter und Saamenknospen tragend (174, 177, 180, 183) und endlich *c*. blos Saamenknospen tragend oder doch die Höhle, in der die Saamenknospen befindlich sind unmittelbar umschliessend (175, 178, 181, 184). Ueber die erste Reihe hinaus weiss ich mir keine weitere Fortbildung zu denken, dagegen wird die zweite und dritte Reihe eigentlich erst vollendet durch 185 und 186. Bei der ersten (185) tritt die becherförmige Scheibe noch oberhalb eines schon krugförmig geschlossenen Axenorgans als neue scheibenförmige Ausbreitung desselben auf, bei 186 dagegen wird der Theil, der in den übrigen Gliedern der Reihe noch immer von Blattorganen gebildet wurde, auch in den Kreis der Axenorgane gezogen, nämlich Staubweg und Narbe. Hieran schliesst sich denn, um alle mögliche Combinationen zu erschöpfen, die interessante von



185. *Godetia Lehmanniana*. Blüthe im Längsschnitt, oberer Theil. Der schattirte Theil ist Axenorgan und zwar von *a* bis *b* unterständiger Fruchtknoten (Fig. 184.), von *b* bis *c* oberständige becherförmige Scheibe (Fig. 180). Diese oberständige Scheibe zeigt Vorsprünge und Verzierungen, die ganz ähnlicher Art nur weniger entwickelt sind wie die auf der unterständigen Scheibe von *Passiflora* (vgl. Kupfertafel III).

186. *Epipactis latifolia*. Längsschnitt durch die Blüthe. *a* Aeussere, *b* innere Blüthenhüllblätter. *c* Staubfaden. *e* Saamenknospen. *x* Narbe. Der schattirte Theil ist Axenorgan und zwar bis zur Einfügung von *a* und *b* unterständiger Fruchtknoten, oberhalb desselben aber anfänglich

*Griffith** beschriebene Bildung bei *Siphonodon celastrineus*, wo die Fruchtblätter zwar Fruchtknotenhöhle und Staubwegcanal, das Axenorgan dagegen Saamenträger, leitendes Zellgewebe und die grosse schirmförmig entwickelte Narbe bilden.

Alle die im Paragraphen unter dem Namen Scheibe (*discus*) zusammengefassten Bildungen gehören ohne Zweifel zusammen; die Entwickelungsgeschichte weist sie entschieden als flache oder concave Ausbreitungen der in die Blüthe eingehenden Stengelglieder nach, die an den flachen, unzweifelhaften Axengliedern vieler Compositen (z. B. *Helianthus*, 176), an den hohlen bei *Ficus* (182) und so weiter, ihre genügende Analogie finden. Ganz besonders wird aber die Behauptung der Axennatur aller der aufgeführten Bildungen inductorisch gerechtfertigt durch folgende Betrachtung. Es widerspricht dem Begriff und ist deshalb unmöglich, dass ein Blatt wirklich aus einem andern entspringe, aus ihm hervorwachse. Die Annahme von einer Kelchröhre, also von verwachsenen Blattorganen bei Onagreen, Rosaceen u. s. w., aus welcher frei Blumenblätter entspringen, war schon an sich eine durchaus gedankenlose und widersinnige Fiction. Hier musste nothwendig eine Axenbildung hinzupostulirt werden und dann war es völlig unberechtigte und schwerfällige Weitläufigkeit, z. B. bei *Rosa* (183), *Geum* (177) u. s. w. noch eine Verwachsung der Kelchblätter zur Röhre und dieser Röhre mit dem scheibenförmigen Blüthenboden hinzuzuphantasiren (denn an einen auch nur entfernten Versuch zur Nachweisung dieses Verhältnisses hat man nie gedacht). In diesen Fällen (den sogenannten *Calycifloren*) sind vielmehr die Kelchblätter eben so wenig verwachsen, als die Blumenblätter und stehen ganz frei am Rande einer unterständigen (177), umständigen (180, 183) oder oberständigen (185) Scheibe. Aber eben so entschieden spricht auch für die im Paragraphen aufgestellte Ansicht die Entwickelungsgeschichte, indem oft die Gebilde und so namentlich auch der unterständige Fruchtknoten ganz oder doch grösstentheils und wenigstens völlig erkennbar vorhanden sind, ehe noch eine Spur der aus ihnen hervorwachsenden Blattorgane sich zeigt. (Man vergl. hierfür auch noch die Entwickelungsgeschichte der Blüthe von *Canna exigua* auf Kupfertafel II. nebst der Erklärung).

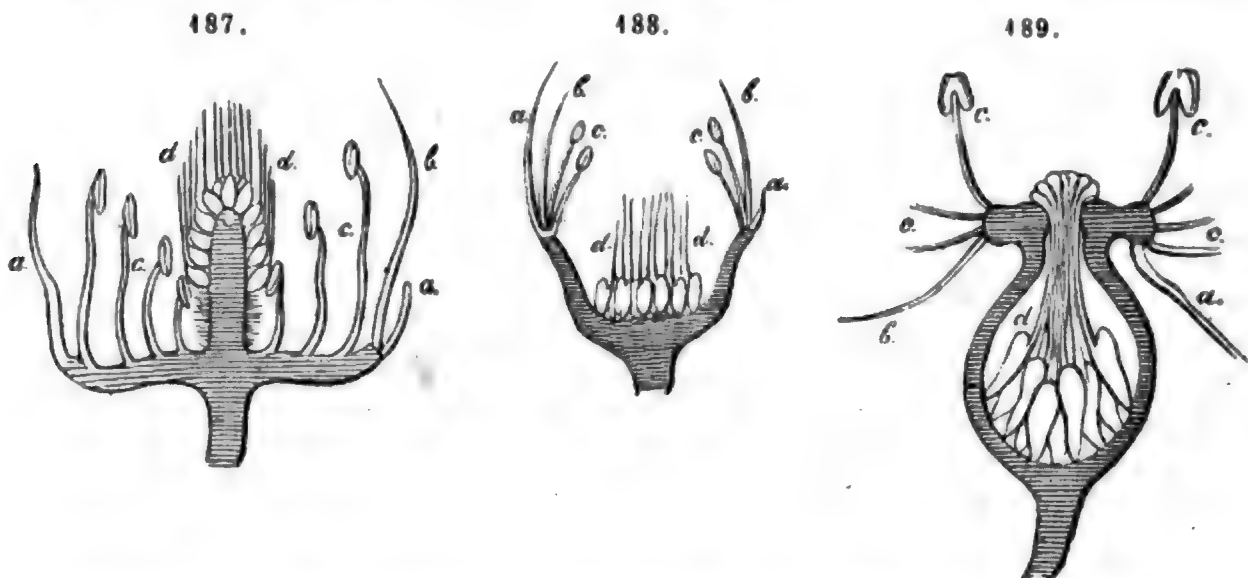
Bei allen Scheibenbildungen zeigt die plötzliche scharf abgesetzte Veränderung der Textur und gewöhnlich auch ein deutlich hervorspringender Saum die Grenze der Scheibe und der auf derselben stehenden Blattorgane an, und auch dadurch wird bei den meisten *Calycifloren* der Kelch als aus unverwachsenen freien Blattorganen bestehend charakterisirt. Ich erinnere hier wieder daran, dass bei diesen Formen der Axe die Mitte der untern oder äussern Fläche dem untersten Theile der Axe, die untere oder äussere und die obere oder innere Fläche zusammen den Seiten der Axe, und der Mittelpunkt der oberen oder inneren Fläche der Spitze der Axe entsprechen. An dieser Axe können nun die einzelnen Blattorgane oder Blattkreise sehr verschieden angeordnet sein, wie sich schon aus der Vergleichung von 180, 183, 185 ergiebt. Es ist nicht nöthig, dass alle in einer Zone befestigt sind, denn auch bei der scheibenförmigen Axe ist ein Verhältniss möglich, welches, wie bei der Längsausdehnung der Axe, die einzelnen Blattorgane oder Blattkreise von einander entfernt und einem oder mehreren in die Länge entwickelten Stengelgliedern entspricht. Gewöhnlich nehmen, wo einmal Scheibenbildung eintritt, alle Stengelglieder der Blüthe daran Theil; es kommen aber auch Fälle vor, wo das nicht der Fall ist, und die verschiedenen Stengelglieder sehr verschiedene Formen annehmen. So z. B. trennen sich die Rosaceen ziemlich scharf in zwei Gruppen, je nachdem die Scheibe

ein Staubfadenträger, dann Fruchtblattträger, die Fruchtblätter sind aber völlig fehlgeschlagen und das Axenorgan bildet mit diesen beiden letzten Theilen oberhalb *a* und *b* selbst den Staubweg.

---

* Calcutta Journal.

ganz flach oder becherförmig (*Rosa, Sanguisorbeae*) (188, 189), oder die Stengelglieder zwischen Kelch und Staubfäden flach, die zwischen den Fruchtknoten halbkugelig oder kegelförmig convex sind (die Uebrigen) (187). Noch auffallender ist die



Verschiedenheit bei *Passiflora*, wo eine flache Scheibe auf ihrem Rande Kelch und Blumenkrone trägt, während das Stengelglied zwischen dieser und der Staubfaden in seinem obern Theil, das Stengelglied zwischen Staubfäden und Fruchtknoten ganz in die Länge gestreckt ist (vergl. Kupfertafel III. nebst Erklärung).

Zuweilen erscheinen einzelne Stengelglieder der Blüthe allein auffallend entwickelt, am häufigsten noch der Stempelträger bei den Labiaten und Borragineen als eine dicke, fleischige Scheibe (*gynobasis*), bei den Malvaceen als ein dicker, kegelförmiger, den Kreis der Fruchtknoten tragender Zapfen, bei Ranunculaceen (z. B. *Myosurus*), bei Magnoliaceen als langes, fast cylindrisches Organ*.

Auf der andern Seite ist mit keinem Worte ein so unerhörter Missbrauch getrieben worden, als mit dem Worte *discus*. Alles, was man von eigenthümlichen Organen in der Blüthe fand und nicht sogleich bei den gewöhnlichen vier Formen von Kelch, Krone, Staubfaden und Pistill unterbringen konnte, wurde unter dem Namen Discus zusammengewürfelt. So bei den Thymeleen entschiedene, sogar ganz freie Blattorgane, bei den Scrophularineen und verwandten Familien ein Kreis verwachsener Blattorgane (auch als *annulus hypogynus* bezeichnet), bei den Umbelliferen der untere, etwas fleischiger und saftiger entwickelte Theil der Fruchtblätter (als *discus epigynus*) u. dergl. Noch sind unendlich viele einzelne Verhältnisse zu untersuchen und aufzuklären; ich kann nur das Wenige bieten, zu dessen Untersuchung meine Zeit hinreichte, und eine vollständige Bearbeitung dieser Verhältnisse wäre eine höchst verdienstliche Arbeit und würde der Erkenntniss der natürlichen Verwandt-

187. *Geum rivale*. Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (scheibenförmiger Blüthenboden = Scheibe und in der Mitte Stempelträger).

188. *Dryas octopetala*. Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (becherförmiger, concaver Blüthenboden = Scheibe).

189. *Rosa davurica*. Blüthe im Längsschnitt. *a* Kelch. *b* Blumenkrone. *c* Staubfäden. *d* Fruchtblätter. Der schattirte Theil ist Axenorgan (krugförmiger Blüthenboden = Scheibe).

---

* Analog der Scheibe bei den Borragineen und Labiaten bildet die Axe bei den Cruciferen und Alsineen an der Basis der Staubfäden oft Anschwellungen, die als Schüppchen oder Becherchen die Basis des Trägers umfassen und gewöhnlich als unterständige Drüsen beschrieben werden, weil sie oft durch das zartbleibende Epithelium klebrige süsse Säfte absondern.

schaften unendlichen Vorschub leisten, aber man muss sich dabei nicht darauf beschränken, Alles, was in der Blume gelb aussieht und etwas saftig ist, als Discus zu bezeichnen.

Eine freilich unwissenschaftliche teleologische Bemerkung kann ich hier nicht unterdrücken. Wir finden zwar auch bei andern Axenorganen die Scheiben- und Becherform, aber doch nirgend so häufig als in den Stengelgliedern der Blüthe; dies war aber ohne Frage das einfachste Mittel, um eine grosse Mannigfaltigkeit der Bildungen zu begünstigen, ohne den räumlichen Zusammenhang der Blüthe und ihre anschauliche Abgeschlossenheit zu beeinträchtigen.

B. Zahl, Stellungsverhältnisse und Dauer der Blüthentheile.

§. 146.

Sehr selten besteht eine Blüthe nur aus einem Theil, wie die männlichen Blüthen von *Euphorbia**, *Lemna*, *Wolffia* aus einem Blattorgane, der Anthere, die weiblichen von *Taxus* aus einem Stengelorgan, der Saamenknospe; gewöhnlich sind mehr Theile zu einer Blüthe vereinigt, so bestehen z. B. die weiblichen Blüthen der meisten Aroideen aus einer oder mehreren Saamenknospen und einem sie umschliessenden Fruchtblatte, so die männlichen Blüthen der Salicineen aus einem schalenförmigen Discus und mehreren Staubfäden. In den meisten Fällen sind männliche und weibliche Organe in einer Blüthe vereint, selten nackt (wie bei *Hippuris*), sondern meist noch mit Blüthendecken umgeben.

An Axillarblüthen bezeichnet man die Theile der Blüthe, die dem Blüthenstengel zugewendet sind, als die oberen; die an der entgegengesetzten Seite der Blüthe dem Deckblatt, wo es vorhanden, anliegenden Theile als die unteren. Einige Pflanzen zeigen aber die Eigenheit, dass der Blüthenstiel (analog dem sich windenden Stengel) bis zur Zeit des Aufblühens eine halbe Drehung macht, sei es als ächter Blüthenstiel (bei *Calceolaria* und einigen Orchideen) oder als unterständiger Fruchtknoten (bei den meisten Orchideen). Dadurch werden in einer solchen Blume die oberen Theile (bei den Genannten die Lippe) scheinbar zu untern; man nennt solche Blumen *flores resupinati*, wendet den Ausdruck aber oft falsch auf die Orchideen an, bei denen eine solche Drehung nicht stattfand, bei denen also die Lippe ordnungsmässig nach Oben steht, z. B. *Epipogium*.

Es können nun im Allgemeinen nach gewöhnlicher Ansicht die einzelnen Organe der Blüthe, die man mit einem Collectivnamen belegt, sowohl ursprünglich nur aus einem Stücke bestehen (eingliedrige Blüthentheile, *partes monomerae*), als aus mehreren (mehrgliedrige Blüthentheile, *partes di-*, *tri-*, *polymerae*). Im letzteren Falle können dann die einzelnen Stücke völlig getrennt, frei sein oder unter einander auf mannigfache Weise verwachsen. Die letztern nannte man früher ebenfalls *partes monomerae*, mit *De Candolle* besser verwachsenblättrige, *partes gamomerae*, z. B. *Hemerocallis = perianthium gamo- (mono-) phyllum*, *hexamerum*. *Salvia corolla gamo- (mono-) petala pentamera*. *Rosa corolla pentapetala* u. s. w.

---

* Hier steht der einzige Staubfaden (Blattorgan) genau auf der Mitte und dem Ende des kleinen Blüthenstiels. Eine vollständige Entwickelungsgeschichte fehlt noch.

Die Verwachsungen treten hier ganz auf dieselbe Weise ein, wie bei den Stengelblättern, kommen aber wegen des gedrängten Standes in der Blüthenknospe noch viel häufiger vor. Sie finden entweder so statt, dass ein einzelnes Blattorgan mit seinen Rändern zu einem röhren- oder becherartigen Organe verwächst, wie z. B. häufig bei der sogenannten eingliedrigen Blüthenhülle (Deckblättchen), oder dass mehrere Blattorgane unter einander mit den Rändern verwachsen. Gewöhnlich trifft dies alle Ränder eines Blattkreises, zuweilen bleiben aber zwei Ränder unvereinigt, z. B. beim Kelch von *Gentiana lutea*. Ebenso tritt zwar der Verwachsungsprocess an allen Blatträndern eines Kreises gewöhnlich gleichzeitig ein, zuweilen aber sehr viel später *a*. an zwei obersten Blatträndern, woraus die sogenannten einlippigen Formen, z. B. die Blumenkrone von *Teucrium* und die *flores ligulati* der Compositen hervorgehen, oder *b*. an je zwei und zwei Blatträndern an der Seite des Blattkreises, wodurch die zweilippigen Formen (*part. bilabiatae*) der beschreibenden Botanik entstehen. Aber es kommt in der Blüthe noch eine Art der Verwachsung vor, von der ich bei den Stengelblättern kein Beispiel und bei den Deckblättern und Deckblättchen nur das der *cupula* der Cupuliferen kenne, nämlich die Verwachsung zweier oder mehrerer Kreise unter einander, z. B. bei den zwei Kreisen der Blüthenhülle vieler Liliaceen, oder bei diesen und den zwei Staubfädenkreisen, bei dem Kreis der Blumenblätter und Staubfäden bei den Labiaten u. s. w., überhaupt bei allen den Blüthen, denen man *stamina perianthio vel corollae* (nicht *calyci*) *inserta* zuschreibt. Die Verwachsung der Staubfäden eines oder mehrerer Kreise unter sich nennt man insbesondere auch wohl seit *Linné* Verbrüderung (*adelphia*) und unterscheidet dann nach der Zahl der Verbrüderungen in einer Blüthe *monadelphia, diadelphia* . . . . *polyadelphia*. Sind die Blattorgane der Blüthe unter einander verwachsen, so nennt man den verwachsenen Theil Röhre (*tubus perianthii, calycis, corollae etc.*), den freien Theil den Saum (*limbus*) und die Grenze beider die Mündung (*faux*). Eine der auffallendsten Formen der Verwachsung, wofür ebenfalls die Stengelblätter kein Analogon bieten, ist die Verwachsung der Blüthenblattorgane gleich unterhalb der Spitze, ohne dass sich diese Verwachsung später weiter fortsetzt, so dass die Blattorgane nach Oben zusammenhängen, nach Unten frei sind; z. B. bei den Blumenkronen der männlichen Blumen von *Chamaedorea, Casuarina*, bei den Trägern der Staubfäden von *Symphyonema montanum** (?).

Auch das Fehlschlagen hat in der Blüthe dieselbe und nur die Bedeutung, die ich bei den Blattorganen ausführlich entwickelt habe, nämlich dass ein der Anlage nach vorhandener Theil bei der allmäligen Ausbildung der ganzen Blüthe in der Entwickelung zurückbleibt und so sich zuletzt der Beobachtung entzieht. Die Annahme irgend eines andern Aborts ist nicht Naturwissenschaft, sondern Träumerei einer spielenden Phantasie. Sobald die einzelnen Theile der Blüthe vielgliedrig sind, erscheinen die Blattorgane um eine ideale und reale (die Axenorgane der Blüthe) Axe der Blüthe geordnet und zwar in der Anlage stets ganz regelmässig. Durch die spätere stärkere oder geringere Entwickelung einzelner Theile wird die Blüthe aber häufig symmetrisch, oder, wie man auch wohl sagt, unregelmässig. Diese Unregelmässigkeit zeigt sich stets so, dass der obere Theil der Blüthe anders entwickelt ist wie der untere. Gewöhnlich trifft dies nicht den Fruchtknoten, der fast

* Dagegen gehören andere Verhältnisse, z. B. das Zusammenhängen der Spitzen der zwei äussern Blumenblätter bei den Fumariaceen, der Antheren bei den Compositen u. s. w., nicht hierher. Diese sind durch eine Absonderungsflüssigkeit zusammengeklebt.

immer regelmässig bleibt, auch in der symmetrischen Blüthe, doch ist auch zuweilen dieser nur symmetrisch, z. B. bei vielen Scrophularineen, Acanthaceen, bei *Cryptocoryne spiralis*. Theilt sich die symmetrische Blüthe, gleichviel ob mit verwachsenen oder freien Gliedern, in zwei Hälften, eine obere und eine untere verschieden ausgebildete, so kann man sie allgemein zweilippig nennen. Ist nur ein einzelnes Blattorgan abweichend gebildet und dadurch die Blüthe unregelmässig und symmetrisch geworden, so heisst dies Blatt allein die Lippe (*labellum*). Höchst selten ist die ganze Blüthe auch unsymmetrisch, wie bei *Goodyera discolor*.

Wie viele Theile zu einer Blüthe zusammentreten, darüber lässt sich im Allgemeinen gar nichts bestimmen. Wir finden bisweilen allein an Blattorganen 50—60 zu einer Blüthe vereinigt. Dagegen sind gewisse Combinationen selten; mir ist keine durchgängig eingliedrige Blüthe bei der Anwesenheit von doppelten Blüthendecken bekannt. Wenn die verschiedenen Blüthentheile in mehrfacher Zahl vorhanden sind, so entstehen diese immer in einem oder mehreren Kreisen (Quirlen) auf gleicher Höhe der Blüthenaxe und zu gleicher Zeit. Folgen gleichgliedrige Kreise auf einander, so stehen die Theile des folgenden Kreises gewöhnlich genau vor den Zwischenräumen zwischen je zwei Theilen des vorhergehenden Kreises (die Kreise und ihre Theile alterniren), selten stehen sie vor denselben (die Kreise und ihre Theile sind opponirt). Keineswegs sind aber immer alle Blattkreise einer Blüthe gleichgliedrig. Bis zu den Staubfäden steigt oft die Zahl der Glieder, von da nimmt sie wieder ab; selten zeigt der Kreis der Fruchtblätter die grösste Zahl wie bei den Malopeen und Malveen. Die meisten Monocotyledonen mit vollkommen individualisirter Blüthe* haben ganz regelmässig gleichgliedrige Kreise durch die ganze Blume; bei den Dicotyledonen ist es verhältnissmässig seltener, indem häufig der äusserste und innerste Blattkreis weniger Glieder hat. Ueber die Zahl der auf einander folgenden Kreise lässt sich ebenfalls wenig allgemein Bedeutsames sagen. Möglich sind in einer Blüthe sieben verschiedene Formen von Blattorganen, nämlich Hüllkelch, Kelch, Krone, Nebenkrone, Staubfäden, Nebenstaubfäden und Fruchtblätter, doch kenne ich keine Blüthe, in der alle zugleich vorkämen. Alle diese Blattorgane können in einem oder mehrern Kreisen vorhanden sein, mit Ausnahme des Hüllkelchs, bei dem ich kein Beispiel eines doppelten Kreises kenne. Blüthenhülle, Kelch, Krone, Nebenkrone und Fruchtblätter kommen in einem, seltener in zwei Kreisen vor, Staubfäden in 1—3 (4?). Mehr Kreise kommen in der Regel nicht vor. Vermehrt sich die Zahl, was fast nur bei Staubfäden und Fruchtblättern geschieht, z. B. bei Ranunculaceen und Dryadeen, den Magnoliaceen u. s. w., so stehen sie nicht mehr in Kreisen, sondern in einer Spirale. Bei den Monocotyledonen mit vollkommen individualisirter Blüthe scheinen, mit alleiniger Ausnahme einiger Scitamineen, bei denen noch ein zweiter Blumenkronenkreis hinzukommt, fünf dreigliedrige Kreise von Blattorganen die Blüthe zu bilden. Bei den Dicotyledonen herrscht hier grosse Mannigfaltigkeit. *Lavatera* z. B. hat einen Hüllkelch, Kelch, Krone, Staubfäden und Fruchtblätter in fünf Kreisen mit steigender Gliederzahl, nur Kelch und Blumenkrone sind gleich. *Gnidia virescens* hat Blüthenhülle, Staubfäden, Nebenstaubfäden und Fruchtblätter, aber in acht Kreisen, die durchgängig zweigliedrig sind. Es ist aber auch keineswegs nothwendig, dass alle Theile eines Blüthenblattkreises sich gleichartig ausbilden, und manche bisher uner-

* Vielleicht nur Gräser und Cyperaceen ausgenommen, bei denen nur ein Fruchtblatt vorhanden ist.

klärlich scheinende Blüthenbildung wird sich wahrscheinlich durch diese Ansicht, gestützt auf Entwickelungsgeschichte, leicht auf regelmässigen Typus zurückführen lassen.

Die Dauer der einzelnen Blüthentheile ist sehr verschieden. Die Axenorgane, sofern sie die Fruchtanlage tragen oder diese bilden helfen, bleiben natürlich mindestens bis zur Reife des Saamens, dann fallen sie mit diesem ab oder nachdem sie inh ausgeworfen, sterben sie in Verbindung mit der ganzen Pflanze ab. Sofern die Axe nur männliche Organe oder Blüthen trägt, ist ihre Dauer verschieden. Zuweilen werden sie bei Vorhandensein einer ächten Gliederung abgeworfen, zuweilen sterben sie an der Mutterpflanze ab und werden allmälig zerstört. Die Blattorgane der Blüthe sind in ihrer Dauer ebenfalls sehr verschieden. Blüthenhülle, Blumenkrone und Nebenkrone sterben gewöhnlich bald nach vollkommener Entwickelung der Blüthe ab, entweder bei vorhandener ächter Gliederung abgeworfen, oder an der Blüthe welkend, vertrocknend und allmälig zerstört werdend. Hüllkelch und Kelch theilen überwiegend häufig, die Fruchtblätter fast immer das Schicksal der die Fruchtanlage tragenden Axenorgane. Selten werden die Fruchtblätter vor der völligen Ausbildung des Saamens zerstört wie bei *Leontice* und, nach *Rob. Brown*, bei *Peliosanthes theta*. Kelch und Fruchtblätter werden dabei später gar oft verändert, seltener die ganz oder theilweise lebendig bleibende Blüthenhülle, wovon später zu reden ist. Endlich die Staubfäden sterben meist gleich nach Ausstreuung des Pollens ab, werden dann entweder abgeworfen, oder trocknen in der Blüthe ab, wo sie allmälig zerstört werden.

Die gebräuchliche Terminologie ist hier folgende: Theile, die gleich, sowie sie kaum ihre volle Ausbildung erreicht haben, abfallen, nennt man hinfällig (*partes caducae*), die, welche etwas länger dauern, heissen, wenn sie durch eine ächte Gliederung abgeworfen werden, abfallend (*p. deciduae*), wenn sie an ihrer Stelle absterben und allmälig zerstört werden, welkende, vertrocknende (*p. marcescentes*), wenn sie lange noch vegetirend bleiben, dauernde (*p. persistentes*), endlich wenn sie durch Wachsen noch ihre Form verändern, auswachsende (*p. excrescentes*).

Drei Punkte muss ich aus dem Gesagten besonders hervorheben, weil sie für die Betrachtungsweise der ganzen Blüthe sehr einflussreich sind. Es sind zwar nichts weniger als neue Thatsachen, aber bisher sind sie keineswegs in ihrer Bedeutsamkeit richtig gewürdigt worden.

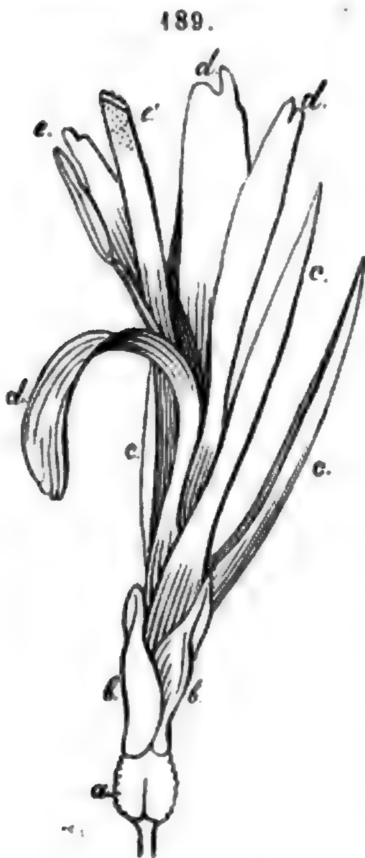
a. Der erste betrifft die Stellung der Blüthentheile. Ich will mich hier durchaus nicht auf die höchst scharfsinnigen Theorien von *Schimper* einlassen, sondern mich ganz einfach an treue Naturbeobachtung halten. Diese giebt uns zwei scharf getrennte Verhältnisse, nämlich die Entstehung der Blattorgane der einzelnen Glieder in geschlossenen Kreisen, indem alle einzelnen Theile genau gleichzeitig und genau auf gleicher Höhe an der Axe erscheinen*. So weit dieses Verhältniss reicht, wechseln denn auch, ohne eine einzige für mich bis jetzt constatirte Ausnahme, die einzelnen Theile der verschiedenen Kreise mit einander ab, und wo dies in der ausgebildeten Blüthe nicht stattfindet, ist stets ein zwischenliegender Kreis schon in früheren Zeiten fehlgeschlagen, oder man hat Theile für selbstständig angesehen, die es nicht sind, so

* Beispiele hierfür liefern alle Liliaceen, Irideen, Palmen, Gräser mit dreigliedrigen Kreisen, die Labiaten und Borragineen, Compositen, Campanulaceen mit fünfgliedrigen Kreisen, viele Scrophularinen mit viergliedrigen Kreisen, die Berberideen mit dreigliedrigen Kreisen, die Thymeleen mit zweigliedrigen Kreisen.

z. B. bei *Potamogeton*, wo die Staubfäden den Blüthenhüllblättern opponirt sein sollen; die sogenannten Blüthenhüllblätter sind aber nur kammartige Ausbreitungen des Mittelbandes der Anthere, und gar keine selbstständigen Blattorgane. Ganz derselbe Fall findet höchst wahrscheinlich bei den Proteaceen statt, bei denen eine Entwickelungsgeschichte der Blüthe mir aber bis jetzt noch nicht erreichbar gewesen ist. Dabei muss ich aber bemerken, dass mir noch viele Untersuchungen abgehen. Auch darf ich hier das Verhältniss nicht übergehen, dass bei wenig- (zwei-) gliedrigen Kreisen, wie bei den Thymeleen, oft je zwei und zwei Kreise zusammentreten und zusammengenommen unter einander alteriren, obwohl die Beobachtung nachweist, dass hier keineswegs ursprünglich viergliedrige Kreise vorhanden sind. Alle diese Pflanzen gehören zu denjenigen, bei denen die beschreibende Botanik von bestimmtzähligen Theilen *(partes definitae)* spricht, und in der That lässt sich auch hierbei wegen Gleichgliedrigkeit der Kreise, die einem und demselben Blüthentheil, z. B. den Staubfäden angehören, selbst für grössere Mengen die Zahl gar leicht ausmachen.

Es kommt aber nun neben dem genannten noch ein anderes Verhältniss vor, wiewohl bei weitem seltener, wo nämlich die einzelnen Theile der Blüthe entweder durch die ganze Blüthe* oder von den Staubfäden an, z. B. bei den Ranunculaceen, oder den Fruchtblättern an, z. B. bei den Dryadeen u. s. w., einer nach dem andern in einer Spirale um die dann auch meistens sehr entwickelte Axe entstehen und sich auch so successive ausbilden. Hier ist es niemals specifisch bestimmt, sondern nur individuell, bei welchem Gliede der Spirale eine andere Form des Blattorgans eintrete, z. B. der Uebertritt von Staubfäden in Fruchtblätter statthaben, noch mit dem wievielsten Blattorgane die in sich unendliche Spirale, also die ganze Blüthe geschlossen sein soll. Mit Recht bezeichnet man daher die hierher gehörigen Pflanzen als solche mit unbestimmtzähligen Theilen *(partibus indefinitis)*. Auf diese Weise gewinnen die genannten Ausdrücke der beschreibenden Botanik, die ein entschieden gefühltes Bedürfniss, eine tactmässige Auffassung der Natur gewählt hatte, durch die Entwickelungsgeschichte eine streng wissenschaftliche Bedeutung, welche ihnen bisher eigentlich abging, denn Niemand wusste recht anzugeben, was eigentlich *partes definitae* und *indefinitae* seien.

b. Der zweite Punkt, auf den es hier vorzüglich ankommt, ist die verschiedene Ausbildung der Glieder eines und desselben Kreises, indem sie Formen annehmen, dass man versucht wird, sie durchaus von dem Kreise, dem sie angehören, zu trennen, weil in dem Blumenblattkreise, wenn man so sagen könnte, einige Blätter zu Staubfäden, im Staubfadenkreise einige zu Blumenblättern, Nebenblumenblättern oder Nebenstaubfäden, oder im Fruchtblattkreise einige zu Staubfäden oder Nebenstaubfäden werden. Eins der auffallendsten Beispiele dieser Art ist der vierte (innerste) dreigliedrige Blattkreis bei *Canna* (190), eigentlich sollten alle drei Theile Fruchtblätter werden und den Staubweg bilden, es faltet sich aber nur eins zum Staubweg zusammen, ein zweites wird zum Staubfaden und ein drittes abortirt gänzlich, ist aber noch in ziemlich grossen Knospen als kleines, freilich nicht leicht darzustellendes Schüppchen vorhanden (vergl. die Kupfertafel II. Fig. 12 mit der Erklärung). Bekannte Bei-



190. *Canna exigua.* Entwickelte Blüthe. *a* Unterständiger Fruchtknoten. *b* Kelch. *c* Aeusserer, *d* innerer Kreis der Blumenkrone. *e* Staubfaden. *e'* Staubweg.

* Obwohl ich hierfür mit Sicherheit kein Beispiel anführen kann, wahrscheinlich aber bei den Magnolia-Arten und einigen Ranunculaceen, namentlich den Anemoneen.

spiele liefern viele Orchideen, bei denen nur ein oder zwei Blätter des nächstinnersten Kreises zu Staubfäden werden, während zwei oder eins, wenn sie nicht ganz fehlschlagen, nur zu kleinen Schüppchen oder Drüsen sich ausbilden. Hier will ich noch erwähnen, dass bei den meisten Scitamineen etwas Aehnliches einzutreten scheint. Es hat mir hier aber noch an Material für die Entwickelungsgeschichte gefehlt. Auch die Balsamineen werden vielleicht hierdurch ihre Erklärung finden, jedoch ist es mir bis jetzt noch nicht gelungen, die frühesten Zustände mit genügender Deutlichkeit zu beobachten. Schon wenn die ganze Knospe erst etwa $^1/_8$ bis $^1/_6$ Linie Länge hat, ist die Blüthe schon im Grundriss fast vollkommen so unregelmässig als später. Auch die Polygaleen gehören hierher, obwohl es mir auch hier noch nicht gelungen ist, die erste Bildung der Blüthe zu belauschen. Der jüngste Zustand der Knospe, bis zu welchem vorzudringen mir bis jetzt gelungen ist, zeigt fünf auf einen Kreis zurückführbare, ganz freie Blattorgane und innerhalb derselben, scheinbar auch in Einen Kreis gestellt, fünf andere, in dieser Zeit noch völlig freie Theile, von denen der unterste das kahnförmige, gefranste Blumenblatt, die zwei obersten die beiden zweilappigen Blumenblätter werden; die beiden seitlichen Theile sind aber vierlappig und jeder dieser Lappen ist eine vollständige Anthere. Hier bleibt nun noch der Zweifel zu lösen, ob dieser ganze innere Kreis in der That als Ein fünfgliedriger Kreis entstanden ist, dessen beide seitliche Theile jeder Einen vierlappigen Staubfaden darstellte, da sonst sich durchaus keine Gesetzmässigkeit der Blüthe festhalten liesse, oder ob schon sehr früh ein Abort eingetreten ist.

c. Der dritte Punkt endlich, den ich hier noch ausdrücklich hervorheben möchte, ist der, dass alle Blattorgane der Blüthe, wenn sie auch später verwachsen, als ganz freie Theile entstehen, und wenn sie einem Kreise angehören, in ihrer ersten Anlage und längere oder kürzere Zeit nachher völlig gleich sind, so dass das Verwachsen der Glieder und die symmetrische Ausbildung, statt der regelmässigen, erst Folge späterer Entwickelung sind. Ich habe in dieser Beziehung die abweichendsten Blüthen, z. B. der Leguminosen, der Labiaten, der Scrophularinen, der Aconitumarten, leicht bis zu dem Zustande der Knospe verfolgen können, wo sich das angegebene Gesetz vollkommen bestätigte. Eins der auffallendsten Beispiele gab mir in dieser Beziehung ein noch unter der Erde befindlicher Stengel von einer *Orobanche*, den mir der Zufall beim Ausgraben einer andern Pflanze in die Hände führte, der eine so überraschende Regelmässigkeit in lauter alternirenden viergliedrigen Kreisen zeigte, dass man nichts Zierlicheres sehen konnte. Leider ist's mir bis jetzt nicht gelungen, die vollständige Entwickelungsgeschichte bis zu der sehr unregelmässigen Blüthe zu verfolgen. Ich beziehe mich ferner noch auf die Blüthen der Gräser (vergl. Kupfertafel II. Fig. 21—23 mit der Erklärung für *Agrostis alba*) und der *Carices* (vergl. Kupfertafel II. Fig. 24—26 mit der Erklärung für *Carex lagopodioides*). Gegen diese Ansicht ist in neuerer Zeit besonders *Barneoud** aufgetreten, indem er einestheils bei den unregelmässigen Blüthendecken eine ursprüngliche Ungleichheit der Theile annimmt, und anderntheils die verwachsenblättrigen Blüthendecken als einfache geschlossene Becherchen entstehen lässt, deren Rand erst später die betreffende Anzahl von Zähnen erhält. Im letztern Punkte ist auch *Duchatre*** derselben Ansicht. Ich kann dem nur einfach widersprechen und behaupten, dass beide den ersten Zustand der Blüthendecken gar nicht gesehen haben.

---

* Ueber Entwickelung der Ranunculaceen und Violarieen (*Comptes rendus* 1845, 11. Aug.). Ueber *Trapa natans* (*Comptes rendus* 1846, 18. Mai). Ueber unregelmässige Corollen (*Comptes rendus* 1846, 8. Juni).

** Ueber die Malvaceenblüthe (*Comptes rendus* 1845, 18. Aug.).

C. Von den reinen Blattorganen der Blüthe.

a. *Von den Blüthendecken.*

§. 147.

Zu den Blüthendecken zählt man gewöhnlich die Blüthenhülle (*perianthium*), den Kelch (*calyx*) und die Blumenkrone (*corolla*); ich rechne aber noch den Hüllkelch (*epicalyx*) hierher und fasse den Begriff Blüthenhülle im engsten Sinne, so dass darunter nur die Blattorgane fallen, welche wenigstens zu zweien auf gleicher Höhe sich eng an die Blüthe anschliessen, so dass alle einzelnen Blattorgane an der Blüthenaxe, die nur Staubfaden oder Fruchtknoten umschliessen, Deckblättchen zu nennen sind. Endlich rechne ich hierher noch die Scheinblume (*flos spurius*), nämlich den gewöhnlichen Blüthendecken einer Pflanze gleichartige Blattorgane, welche aber keine Fortpflanzungsorgane umschliessen. Allen diesen Blüthendecken kommt das Gemeinschaftliche zu, dass sie nur besonders ausgebildete Blattorgane sind, dass also alle die Eigenthümlichkeiten der Form, die bei diesen vorkommen, auch bei jenen ganz natürlich erscheinen. Die wenigen Unterschiede ergeben sich aus dem Folgenden.

So gut wie für alle Blattorgane gilt auch für diese die Möglichkeit aller Formen, in der That aber sind die körperlich ausgedehnten Formen bei den Blüthendeckblättern selten oder gar nicht vorhanden, fast immer sind sie mehr oder weniger flach. Dagegen sind bei ihnen die den Schläuchen analogen Formen bei weitem häufiger als bei den Stengelblättern, und werden nach verschiedenen Aehnlickeiten mit kahnförmig (das untere Blumenblatt bei *Polygala*), kapuzenförmig (das obere Blüthenhüllblatt bei *Aconitum*) und so weiter bezeichnet. Bildet sich namentlich an der Basis eines nach Oben noch ausgebreiteten Blüthendeckblattes ein längerer sackförmiger Anhang*, so heisst dieser (mit einem sehr unglücklich gewählten Ausdrucke) Sporn (*calcar*), z. B. bei *Orchis*, *Delphinium*, *Fumaria etc.* Die Spornbildung trifft häufig mit der Bildung einer symmetrischen Blüthe zusammen, indem nur ein oberes oder unteres Blattorgan einen Sporn bildet. Ausser bei den Kelchblättern (?) kommt auch hier die flächenförmige Ausbreitung, die durch einen linear ausgedehnten Theil mit der Axe in Verbindung steht, häufig vor; man nennt hier die Fläche zwar auch Blattscheibe (*lamina*), die verschmälerte Basis aber nicht Blattstiel, sondern Nagel (*unguis*), z. B. am Nelkenblumenblatt. — Die ächte Gliederung (*articulatio*) kommt zwischen Blüthendeckblatt und Axe häufig vor, in der Continuität derselben aber niemals (?), deshalb giebt es auch keine ächt zusammengesetzten Blüthendeckblätter, obwohl die blos zertheilte Fläche nicht selten ist, z. B. *petala palmatifida* bei *Reseda*, die *petala pinnatifida* bei *Schizopetalum etc.* Andeutung einer ächten Gliederung möchte vielleicht in der Ablösung des obern Theils der Blumenröhren bei *Mirabilis*, des Kelchs bei *Datura* vom untern Theil und in einigen ähnlichen Verhältnissen liegen.

Wirkliche Nebenblätter kommen bei der Blüthendecke nicht vor, wohl aber dem Blatthäutchen (*ligula*) analoge Anhängsel, wozu ein Theil der als Kranz (*corona*) beschriebenen Gebilde gehört, z. B. bei *Narcissus*, bei *Lychnis*, auch die Wölbschuppen (*fornices*) der Borragineen gehören eigentlich hierher. Es bilden

* Ganz analog dem Schlauch bei *Dischidia Rafflesiana* und *clavata*.

sich aber diese Theile bei den Blüthendecken noch viel mannigfaltiger aus, und es finden sich oft von solchen auf der Fläche der Blattorgane stehenden Anhängseln drei und mehrere Reihen über einander. Fast alle Formen, die die beschreibende Botanik als Kranz (*corona*) und Nebenkrone (*paracorolla*) bezeichnet, gehören hierher, namentlich die zum Theil wunderbar zierlichen Bildungen bei den Stapelien, bei den Passifloren, ferner ein Theil der sogenannten Honiggefässe (*nectaria*), z. B. bei den Blumenblättern von *Ranunculus*. Alles dies sind nur unselbstständige Anhänge der Blattorgane, welche sich einfach und glatt entwickeln und erst später auf ihre Fläche diese Theile hervorschieben.

Die Verwachsungen und das Fehlschlagen sind schon im vorigen Paragraphen besprochen worden. Auch die ungleichseitige Ausbildung eines Blattorgans kommt hier vor, z. B. häufig an den Blumenblättern der Apocyneen (*Vinca*, *Nerium*, *Cerbera*).

Die Gesammtform einzelner oder mehrere Kreise, gleichviel ob verwachsen oder nicht, bezeichnet man noch näher, nach bekannter Aehnlichkeit, als röhrenförmig (*tubulosum*), glockenförmig (*campanulatum*), trichterförmig (*infundibuliforme*), präsentirtellerförmig (*hypocrateriforme*), radförmig (*rotatum*) u. s. w.

Ueber die Structurverhältnisse ist nachher bei den einzelnen Arten der Blüthendecken zu sprechen.

Auch hier sind nur einige Punkte noch besonders hervorzuheben, weil sich die Hauptsache, als bloss analoge Anwendung dessen, was schon bei den Blattorganen im Allgemeinen entwickelt ist, von selbst versteht.

Zuerst ist hier noch Einiges zu bemerken über die Unterscheidung von Blüthenhülle und Deckblättchen. Beides sind ohne Zweifel Blattorgane an der Blüthenaxe selbst, jedes Blattorgan kann mit seinen Rändern verwachsen, oder frei sein, beide können grün, gefärbt, derb und zart sein, wie alle Blattorgane. Das Deckblättchen kann den sogenannten wesentlichen Blüthentheilen näher oder ferner stehen, also bleibt für eine einblättrige Blüthenhülle und ein Deckblättchen gar kein Unterschied stehen, wenn wir nicht die Zahl der auf gleicher Höhe (in einem Kreis) an der Blüthenaxe entstehenden Blattorgane berücksichtigen. Dadurch bekommen wir denn für die wissenschaftliche Bezeichnung, und darauf kommt es hier allein an, einen ganz scharfen und leicht festzuhaltenden Unterschied, wenn wir erst dann etwas zu den Blüthendecken rechnen, wenn es mindestens aus zwei auf gleicher Höhe stehenden Blattorganen besteht, und jedes andere nur einfache Blattorgan an der Blüthe als Deckblättchen bezeichnen. So erhalten wir für *Humulus* und *Cannabis* eine *bracteola urceolata*, wodurch sie auf jeden Fall sich nach der gewöhnlichen Beurtheilungsweise nicht so weit von den ächten Urticeen, von denen sie doch einmal nicht zu trennen sind, entfernen, als wenn man ihnen ein *perianthium* zuschreibt. Der Unterschied der Salicineen und Cupuliferen ist leicht zu bezeichnen. Bei diesen so einfach gebauten Pflanzen zeigt sich gleichwohl ein deutlicher Fortschritt in der Ausbildung der Blüthe. Bei den Salicineen sind gar keine Blattorgane der Blüthe zugetheilt, die *glandula hypogyna* bei *Salix*, das sogenannte *perianthium* bei *Populus* ist, der Entwickelungsgeschichte nach, nur ein Discus (Axenorgan). Bei den Cupuliferen ist eine vollkommen oberständige Blüthenhülle vorhanden, für die Betulineen fehlt mir noch die Entwickelungsgeschichte. So viel ist gewiss, dass sie in der Achsel der Bractealschuppen des Kätzchens keine Einzelblüthe, sondern Blüthenstände (kleine Köpfchen) tragen, was sie hinlänglich von den Salicineen unterscheidet; über die Bedeutung der sich hier zeigenden Blattorgane kann aber nur die Entwickelungsgeschichte entscheiden. In den weiblichen Blüthen scheinen es Deckblätter (nicht Deckblättchen), in den männlichen bei *Betula* ebenfalls, bei *Alnus* aber Blüthenhüllblätter zu sein. Bei Myriceen und Casuarineen sind

deutliche zweigliedrige Kreise von Blüthenhüllen vorhanden. Die Piperaceen, einschliesslich *Saururus* *, haben sogenannte nackte Blüthen (ohne alle Blüthendecken) in der Achsel von Bracteen. Unter den Monocotyledonen haben die Orontiaceen eine deutliche Blüthenhülle. Bei den Najaden haben *Aponogeton* und *Ouvirandra* einige, wegen mangelnder Entwickelungsgeschichte, noch unbestimmbare gefärbte Blattorgane an der Blüthe; die Schuppen bei *Potamogeton* sind nichts als ein schuppenförmiger Kamm des Connectivum der Antheren. Allen übrigen geht jede Blüthendecke ab, bei *Zanichellia* sind die weiblichen Blüthen von einer zarten Bractee ** (*spatha hyalina*) umschlossen.

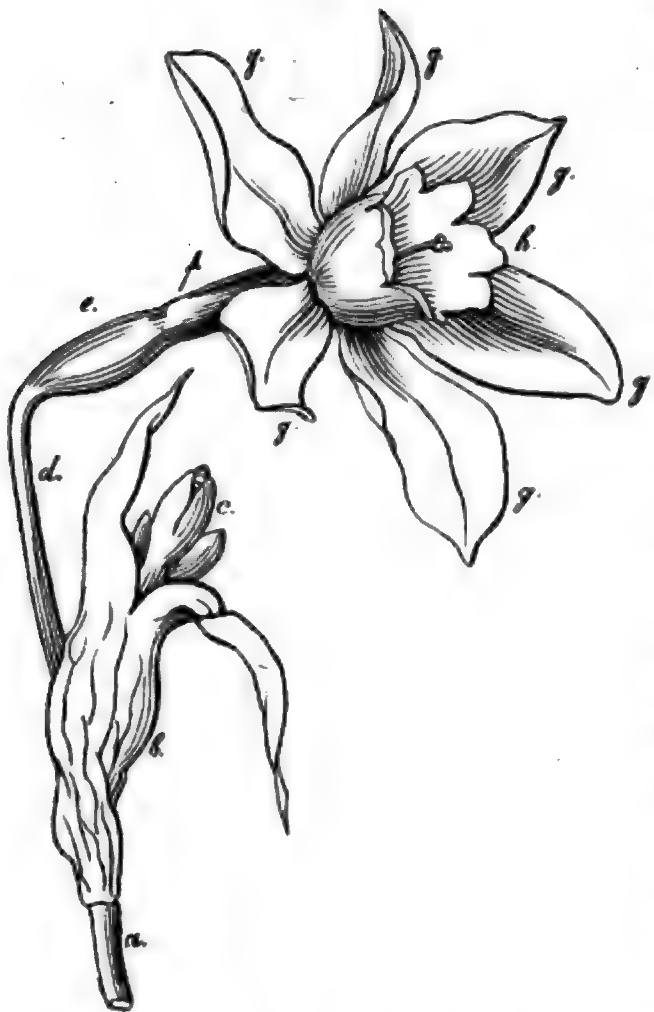
Es ist allerdings auffallend, dass wir bis jetzt (wenn nicht meine Unkenntniss die Schuld trägt) noch kein Beispiel eines zusammengesetzten Blattes bei den Blüthendecken haben, selbst nicht einmal in der Weise, dass in der Continuität desselben Blattes, ähnlich wie bei *Citrus*, eine einzelne Gliederung vorkäme. Dagegen sind Formen, die bei den Stengelblättern verhältnissmässig selten erscheinen, nämlich die hohlen, gerade hier sehr häufig.

Ein anderes, hier noch besonders anzuregendes Interesse betrifft die scharfe Sonderung der Theile, die, wenn sie auch in noch so auffallenden und sonderbaren Formen erscheinen, doch nur blosse Anhängsel anderer Blattorgane, also Theile derselben sind, von wirklich selbstständigen Blattorganen. Die Ausdrücke: Kranz, Nebenkrone, Honiggefäss u. s. w. sind von den Botanikern bisher mit einer wahrhaft unentschuldbaren Oberflächlichkeit auf die allerverschiedensten Theile angewendet, und wie wenig man im Allgemeinen eine wissenschaftliche Behandlung der Sache auch nur ahnet, zeigt eine Aeusserung von *Link l. c. II*, 145, wo er von der Nebenkrone der Passifloren sagt: »es fehle an gefüllten Formen, um die wahre Natur dieses Theils zu bestimmen.« Eine einfache Untersuchung der jüngeren Knospen genügt, um nachzuweisen, dass sich die verschiedenen Fäden und sonstigen Anhängsel aus einem schon vollkommen fertigen Blattorgane heranbilden, also keine selbstständigen Blattorgane sein können. (Vergl. Kupfertafel III. mit der Erklärung). Gefüllte Formen, durch die *Link* z. B. die Natur des Kranzes bei *Narcissus* (191, *h*, S. 450) entscheidet, geben gerade gar keinen Aufschluss, denn jedenfalls ist das Gefülltwerden eine Monstrosität, ein Abweichen von dem gesetzmässigen Gange der Entwickelung, und es fehlt hier ganz an einem Princip, um zu beurtheilen, wie weit die Pflanze von ihrem Typus abgewichen, um Neues zu bilden, wie weit, um zu einfacher Grundlage der gewöhnlichen Bildung zurückzukehren. Angenommen, die *corona* bei *Narcissus* bestände aus selbstständigen, mit den Perianthiumblättern verwachsenen Blattorganen, können sich diese nicht beim Gefülltwerden der Blumen so gut vervielfältigen wie die andern, und weil ihre Verwachsung mit den Blüthenblättern einmal in der specifischen Natur der Blüthe liegt, auch vereinzelt immer mit je einem Blüthenhüllblatt verwachsen? Die Monstrositäten beweisen hier gar nichts, sondern machen nur wahrscheinlich; die einzige und vollkommen sichere Entscheidung giebt hier, wie überall, die Entwickelungsgeschichte. Ich habe alle diese Anhängsel im Paragraphen an die Analogie mit den Blatthäutchen angeknüpft, was für einige Formen allerdings durch die Entwicke-

---

* Die Saurureen sind, wie ich schon anderwärts bemerkt, gar keine Pflanzenfamilie, sondern ein wunderliches, aus unvollständiger Kenntniss entstandenes Gemenge von monocotyledonen und dicotyledonen Pflanzen; *Aponogeton* und *Ouvirandra* sind ächte Najaden, *Saururus* ist von *Piper* und *Peperomia* wohl nur generisch verschieden, *Houttuynia* ist mir noch unbekannt; ob sie allein die Aufstellung einer eignen Familie rechtfertigen werde, weiss ich daher nicht.

** Derselbe Botaniker, der doch wohl zugeben wird, dass nur dann von einer hermaphroditen Blüthe die Rede sein kann, wenn Staubfäden und Fruchtknoten in einer und derselben Blüthendecke eingeschlossen sind, schreibt frischweg: *Zanichellia; flos hermaphroditus; stamen unicum stipulae oppositum, germina quatuor perianthio inclusa.* — Vergl. *Nees ab Esenbeck genera plantarum flor. Germaniae.*



lungsgeschichte gerechtfertigt wird, z. B. bei *Narcissus*, *Silene* u. s. w. Bei andern ist freilich eine solche Analogie nicht vorhanden, wie bei den Passifloren; bei sehr vielen Formen fehlt es aber noch durchaus an genauen Untersuchungen, wie z. B. bei *Parnassia*, bei den Stapelien. Die fleischigen Theile bei letzteren machen den Uebergang zu den dicken, fleischigen Warzen, wie sie z. B. so häufig auf der Lippe der Orchideen (*Oncidium*) in wunderlichen Formen vorkommen; die fadenförmigen Anhängsel bei *Passiflora* dagegen, die übrigens zum Theil der Scheibe angehören, schliessen sich an die an bestimmter Stelle in bestimmter Farbe und Form vorkommenden Haarbüschel an, die man auch wohl Bart (*barba*) zu nennen pflegt, z. B. bei drei Blüthenhüllblättern von *Iris*.

Endlich will ich noch bemerken, dass ich die Ausdrücke für den Gesammtumriss der Blüthendecken hier als ganz allgemein gültig aufgeführt habe, obwohl die meisten nur bei einzelnen speciellen Fällen erwähnt werden, ohne dass irgend etwas Specifisches für die eine oder andere Art der Blüthenhülle darin liege. Die meisten Ausdrücke sind sehr verständlich, einige schwerer, z. B. *hypocrateriforme*, was schwerlich Einer fassen kann, der nicht in alten Sammlungen oder auf alten Gemälden die Form der von einem langen Stengel getragenen flachen Teller, auf welchen im Mittelalter Weingläser gestellt wurden, gesehen hat; radförmig heisst eine Blüthendecke, wenn sich die einzelnen Blattorgane gleich, oder doch fast gleich, von ihrem Befestigungspunkt in Einer Fläche ausbreiten. Eben so scheint es mir ganz fehlerhaft, wenn man einen Theil dieser Ausdrücke nur auf verwachsen-blättrige Blüthendecken anwenden will, wodurch nur der Nachtheil entsteht, dass man für die mit freien Blättern abermals neue Namen ersinnen muss. Das zu Bezeichnende ist hier nur der Gesammtumriss, und den kann man hier so gut wie bei den zertheilten Flächen, z. B. bei gelappten oder fiederspaltigen Blättern, ganz ohne Rücksicht auf die untergeordneten Zertheilungen angeben. Bei radförmig, präsentirtellerförmig u. s. w. ist jedoch der Saum immer getheilt, was beim Rad und Präsentirteller nie der Fall ist und auf ein Mehr oder Weniger kann bei einer solchen gleichnissweisen Bezeichnung gar nichts ankommen, und so kann man die Blumenkrone von *Lychnis*, *Dianthus* sehr passend als *corolla* (*pentapetala*) *hypocrateriformis* bezeichnen.

§. 148.

Man unterscheidet sechs Arten von Blüthendecken. Wenn alle Blattorgane gleichartig, oder nahebei gleichartig, innerhalb eines anschaulich auffassbaren Krei-

191. *Narcissus laetus*. Blüthen. *a* Blüthenstengel. *b* Blustenscheide. *c* Knospen. *d* Blüthenstiel. *e* Unterständiger Fruchtknoten. *f* Röhre der Blüthenhülle. *g* Saum der Blüthenhülle, als 6 freie Blättchen erscheinend. *h* Kranz aus 6 verwachsenen Blatthäutchen der Blüthenhüllblätter gebildet.

ses von Form, Farben- und Structurverhältnissen entwickelt sind, so nennt man sie insgesammt eine Blüthenhülle (*perianthium*), dessen einzelne Blattorgane Blüthenhüllblätter (*phylla perianthii*) heissen. Kann man dagegen unter den Blüthendecken einer Blüthe zwei durch Gestalt, Farbe oder Structur verschiedene Formenkreise neben einander unterscheiden, so nennt man die äusseren Theile Kelch (*calyx*), die einzelnen Blattorgane Kelchblätter (*sepala*), die inneren Theile Blume oder Blumenkrone (*corolla*), die einzelnen Blattorgane Blumenblätter (*petala*). Lassen sich endlich drei verschiedene Formenkreise unterscheiden, so heissen die äussersten Theile Hüllkelch (*epicalyx*), seine einzelnen Blattorgane kann man Hüllkelchblätter (ebenfalls *phylla*) nennen. Kommen neben der einfachen oder mehrfachen Blüthendecke ausserhalb der Staubfäden noch selbstständige Blattorgane vor, die im Verhältniss zu den Blüthendecken eine sehr unvollkommene oder abnorme Bildung zeigen, so heissen diese Nebenkrone (*paracorolla*), wovon unten bei den accesorischen Blüthentheilen zu reden ist. Umschliessen endlich die Blüthendecken, die als solche dann nur durch ihre Uebereinstimmung mit den normalen Blüthendecken derselben Pflanze erkannt werden können, gar keine Fortpflanzungsorgane irgend einer Art, so nenne ich es eine Scheinblume (*flos spurius*), z. B. die sogenannten sterilen Randblüthen von *Centaurea*.

An die meisten unserer botanischen Werke möchte man wohl vergebens die Frage stellen, was denn eigentlich der Unterschied zwischen den einzelnen Arten der Blüthendecken sei. Hier, wie fast überall sind die Botaniker unbekümmert um wissenschaftliche Behandlung, um streng definirte Begriffe. Schematisch werden die einzelnen Formen aufgefasst, die innere Einheit nicht erkannt, weil es an richtiger Methode fehlt, und deshalb ist auch die scharfe Auffassung der äusseren Unterschiede in der Erscheinung unmöglich. Wie kindisch sind die vielen Zänkereien, die wir erlebt haben, ob eine Pflanze einen Kelch, oder eine Blumenkrone, oder eine Blüthenhülle habe; die Leute hatten vergessen, dass zur Entscheidung eines solchen Streits erst untersucht werden musste, ob die Natur überhaupt diese drei Arten von Blattorganen uns als verschieden giebt, und wenn das der Fall ist, wodurch die Natur, nicht wir mit unsern Phantasien, diese Theile unterscheidet. In der Natur finden wir aber die Unterschiede so und nicht anders, als ich sie im Paragraphen angegeben habe, denn alle Blüthendecken bestehen aus Blattorganen, für welche eine zahllose Menge von Form-, Farbe- und Structurverschiedenheiten gleich möglich ist. Wo alle Theile gleich ausgebildet sind, sind also auch nur gleiche mit einem Worte zu bezeichnende Theile vorhanden, ohne Zweifel das einfachste und natürlichste Verhältniss. Wo dagegen Verschiedenheiten sich zeigen, kann man die daraus hervorgehenden Abtheilungen zu ihrer Unterscheidung mit verschiedenen Namen belegen, die dann aber auch nur da gelten, wo die Verschiedenheiten wirklich vorhanden sind, von denen aber niemals der eine oder der andere da angewendet werden darf, wo eben die Natur nicht unterschieden hat. Es ist daher grundfalsch, wenn *Kunth* * den Ausdruck Kelch auch auf die Blüthenhülle überträgt, denn nicht der Kelch entspricht der Blüthenhülle, sondern Kelch und Blumenkrone zusammengenommen, und es ist eine leere, durch nichts gestützte Fiction, dass, wenn nur eine gleichartige Blüthendecke vorhanden sei, hier jedesmal die Blumenkrone fehle. *Lindley* ** hat dies Verhältniss im Ganzen am richtigsten und klarsten aufgefasst, nur irrt auch er, wenn er bei den Liliaceen von Kelch und Blumenkrone sprechen will; auf die Zahl der Blattkreise kann es hier durchaus nicht ankommen, sonst hätten die Thymeleen auch Kelch und Blumenkrone, und bei den Berberideen müssten wir noch ein neues Wort erfinden, denn diese haben vier

* Handbuch der Botanik, S. 81.

** *Introduction to botany* (*II. ed.*) *p.* 136.

Blattkreise in den Blüthendecken. — Wie weit gar viele Botaniker noch davon entfernt sind, ich will nicht sagen, tiefere Einsicht in die Natur der Pflanze zu haben, sondern nur die allerersten Grundsätze ächter Naturforschung begriffen zu haben, zeigt eine merkwürdige Aeusserung *Ach. Richard's*. Er sagt*: »Die Blüthendecken sind . . . . etwas veränderte Blätter . . . . Oft ist es schwer, sie nicht als ein und dasselbe Organ zu betrachten. Unterdessen haben doch die Botaniker um die Aufstellung der Gattungscharaktere der Pflanzen zu erleichtern, sich dahin vereinigt, sie in Betracht ihrer Stellung und Bestimmung als völlig verschieden von den Organen zu betrachten, mit denen sie einerlei innern Bau besitzen.« Ein solches Uebereinkommen unter den Botanikern, wenn es wirklich bestände, wäre ein närrischer Einfall, um die Natur zu verwirren, statt sie zu begreifen, denn, wie schon früher erwähnt, nicht wir machen die Formen mit unseren Einbildungen, sondern die Natur bietet sie uns, und unsere Aufgabe ist, die Natur verstehen zu lernen, zu trennen, wo sie trennt, vereinigt zu lassen, was sie selbst nicht scheidet. Nun zeigt uns aber die Natur selbst gewisse Complexe von Blattorganen zu einer Gesammtform vereinigt und dadurch sich von den andern Blattorganen scheidend; deshalb, und nicht in Folge eines für die Naturerkenntniss durchaus werthlosen Uebereinkommens, unterscheiden wir die Blüthendecken als besondere Organe. Darüber aber, wo wirklich das Uebereinkommen der Botaniker zu entscheiden hätte, nämlich, welches Wort zur Bezeichnung der von der Natur unterschiedenen Organe angewendet werden soll, sind die Botaniker leider noch nicht übereingekommen, eben weil es ihnen an dem richtigen Princip der Naturforschung überhaupt fehlt. Dass die Natur uns an den Phanerogamen in bestimmter Gesammtform Blüthen giebt, ist gewiss; eben so gewiss ist, dass diese Blüthen häufig nach Aussen aus einem oder mehreren Kreisen nicht wesentlich veränderter Blattorgane bestehen, dass, wenn mehrere dieser Blattorgane vorhanden sind, diese entweder gleichartig oder ungleichartig entwickelt sind, dass sie bald alle grün, bald alle gefärbt, bald theils grün, theils gefärbt sind; das Alles sind Thatsachen, die gar nicht von uns, sondern von der Natur gegeben werden. Nun aber sollen diese Verschiedenheiten bezeichnet werden, und das ist im Allgemeinen willkürlich, fordert aber für die Sicherheit der wissenschaftlichen Sprache eine allgemeine Uebereinkunft, von der die Eitelkeit und Neuerungssucht des Einzelnen sich nicht losmachen darf, ohne der Wissenschaft entschieden schädlich in den Weg zu treten. Diese Ausdrücke müssen aber so gewählt sein, dass nicht Gleiches mit verschiedenen Ausdrücken, Verschiedenes mit gleichen Ausdrücken bezeichnet wird. Heisst nun Kelch einmal der äussere Kreis verschiedenartiger Blattorgane, so kann man mehrere Kreise gleichartiger Blattorgane nicht auch Kelch nennen. Zuerst ist zu untersuchen, welche Formen bietet uns die Natur an; das Zweite ist erst, sie in der Sprache zu bezeichnen, und hier fordert die wissenschaftliche Sprache zu ihrer Sicherheit die strengste logische Consequenz.

Was endlich *Ach. Richard*** über die Blüthendecken der Monocotyledonen sagt, beruht kaum auf einer höchst oberflächlichen Anschauung, sondern ist geradezu willkürlich aus der Luft gegriffen, um seine eben so willkürliche Eintheilung der Blüthendecke zu stützen. Er sagt: »Obgleich die sechs Abtheilungen der Blüthendecke der Monocotyledonen oft in zwei Reihen stehen, so bilden sie auf der Spitze des Blüthenstiels, welcher sie trägt, doch nur einen einzigen Kreis, d. h. sie haben nur einen gemeinschaftlichen Punkt des Ursprungs auf dem Blüthenboden, und entwickeln sich offenbar alle sechs aus dem äusseren (?) Theile des Blüthenstiels.« In dem letzten spielt offenbar *Linné's* Phantasie von der Bedeutung von Rinde, Bast, Holz und Mark für die Entstehung der Blüthentheile noch mit und noch dazu in lächerlicher Inconsequenz; denn *Richard* erklärt selbst alle Blüthendecken, also auch die Blumen-

* Grundriss der Botanik, übersetzt von *Kittel*, S. 384.
** A. a. O. S. 383.

krone, für Blattorgane, und alle Blattorgane entstehen am Stengel doch wohl auf gleiche Weise und nicht etwa einige aus dem äusseren und andere aus dem inneren Theile. Ich will hier ferner gar nicht einmal auf die Entwickelungsgeschichte recurriren, die gleich nachweist, wie rein aus der Luft gegriffen *Richard's* Behauptung ist, sondern nur zur Anschauung einer *Commelina* oder *Tradescantia* auffordern, wo die drei und drei Blüthendeckblätter so offenbar in verschiedener Höhe des Blüthenbodens entspringen, als es nur irgend bei Kelch und Blumenkrone einer dicotyledonen Pflanze der Fall sein kann.

Was hier zunächst die grösste Schwierigkeit für die Schärfe und Sicherheit der Bezeichnungsweise macht, ist das, was man unter gleichartig und ungleichartig zu verstehen habe. Hier, wie überall, wo es sich um rein anschauliche Verhältnisse handelt, ist es unendlich schwierig, mit Worten wiederzugeben, was ein einziger Blick auf die Natur mit Leichtigkeit feststellt. In der That freilich ist die Natur gar nicht so wandelbar und unbestimmt, wie es auf den ersten Anblick scheinen möchte, sondern nur unsere mangelhafte Erkenntniss bringt die Unbestimmtheit in die Natur hinein. Bei einer vollendeten und durchdringenden Erkenntniss aller Pflanzen würde es gar leicht sein, sogar durch einfache Zeichen, ohne alle Anwendung unserer so schwankenden terminologischen Hülfsmittel, eine gegebene Blüthe anschaulich zu bezeichnen; dazu gehört aber die Erkenntniss des Gesetzes der Formbildung, von dem wir noch nicht einmal eine Ahnung haben. Bis dahin müssen wir uns mit allerlei Aushülfen begnügen, aber diese in der Weise wählen, dass sie der Natur keinen Zwang anthun und dem Fortschritt der Wissenschaft die Bahn offen lassen. Das ist aber nur möglich durch Construction der Begriffe aus der Anschauung, statt aus einer angeblichen Theorie, die zur Zeit noch unmöglich ist, und ferner durch streng logische Classificirung der Begriffe nach ihren Stämmen und Zweigen, Geschlechtern und Arten. An der phanerogamen Pflanze haben wir auf diese Weise Axe und Blatt als die obersten Begriffsverschiedenheiten; unter dieser Abtheilung zeigen sich uns die Unterschiede nach Folge der Entwickelung und nach Stellungsverhältnissen, also nach Zeit und Raum als die allgemeinsten, dann erst kommen die Formen-, Structur- und Farbenverhältnisse, die weder aus der Natur der Pflanze zur Zeit zu entwickeln sind, noch auf Grundanschauungen beruhen, also nur empirisch anschaulich aufzufassen und mit ästhetischer Klarheit zu beschreiben sind. So lässt sich der Begriff des Gleichartigen für die Blüthendecken durchaus nicht im Allgemeinen definiren, sondern nur anschaulich demonstriren; auch fehlt es uns hier durchaus an der umfassenden Kenntniss aller Fälle, um daraus die allgemeinere oder beschränktere Wichtigkeit der einzelnen Merkmale mit Sicherheit abzuleiten. Hier ist fast Alles auf gewisse Pflanzengruppen zu stellen, innerhalb deren man sich nach einem Beispiel gar leicht zurechtfindet. Nehmen wir z. B. eine nur symmetrisch entwickelte Blumenkrone, z. B. einer Erbsenblüthe, so ist eine auffallende Verschiedenheit unter den einzelnen Blättern der Krone gar nicht in Abrede zu stellen, nichtsdestoweniger haben sie in Farbe und Textur ein gewisses Uebereinstimmendes, welches uns bestimmt, sie als gleichartig entwickelt anzuerkennen. Wie verschieden ist bei den meisten Orchideen die Lippe in Form und Farbe von den übrigen Blüthenhüllblättern, und doch liegt in ihrer Textur etwas, was sie uns als gleichartig mit jenen erkennen lässt. Farbe und Textur stimmen bei Kelch und Blumenkrone von *Ranunculus bulbosus* fast ganz überein, und doch unterscheiden wir hier nach der Form sicher zwei ungleichartige Bildungen. Structur und Farbe und fast auch die Form sind bei den Blüthendecken der Amarantaceen ausnehmend gleich, und wir trennen nichtsdestoweniger sogleich anschaulich die Blumenkrone von dem Kelch (den beiden innern der drei sogenannten Bracteolen) u. s. w. Aus den hier entwickelten Gründen lassen sich für gar viele Verhältnisse in der allgemeinen Botanik nur die Richtungen andeuten, in welchen das Studium derselben fortzuschreiten hat, und beim Unterricht muss die Sache anschaulich aufgewiesen werden; speciellere Ausführungen sind hier einzig und allein in der spe-

ciellen Botanik nach den einzelnen Pflanzengruppen möglich, und der Versuch, sie allgemein zu fassen, führt zu grenzenlosen Verwirrungen und unnützen, zeitverschwendenden Wiederholungen.

Ich habe zu den Blüthendecken auch den Hüllkelch gerechnet, wozu ich, dem Grundsatze getreu: was die Natur vereinigt, darf der Mensch nicht trennen, den der Blüthe eng sich anschliessenden und offenbar mit ihr zu einer Gesammtanschauung zusammentretenden äussersten Blattkreis bei den Blüthen der Dipsaceen, bei vielen Malvaceen, Passifloren u. s. w. zähle. Viele nennen diese Theile, aller richtigen Bezeichnungsweise zum Trotz, *involucrum* oder *involucellum* bei den Dicotyledonen, Blüthenscheide (*spatha*) bei den Monocotyledonen, Ausdrücke, die ursprünglich auf Bracteen oder einen Bracteenkreis, der einen Blüthenstand umgiebt, angewendet sind, hier also im höchsten Grade unpassend erscheinen; und ziehen selbst Theile hierher, die ohne völlige Verwirrung der Terminologie nur als Kelch bezeichnet werden können, wie z. B. der äusserste Kreis der Blüthendecken bei Scitamineen u. s. w. Der einzige Theil, mit dem der Hüllkelch verwechselt werden kann und zu dem er natürlich den Uebergang bildet, sind die Deckblättchen am Blüthenstiel, und allerdings sind auch da, wo die Natur diese nicht in bestimmter Form und Anordnung, wie bei den genannten Pflanzen, mit der Blüthe vereinigt hat, kein Hüllkelch, sondern nur Deckblättchen vorhanden. Hier ist nun freilich eben so schwer eine Grenze zu ziehen, wie bei dem Unterschied von *flos pedicellatus* und *flos sessilis*, da es sich nicht um eine absolute Verschiedenheit, sondern um ein Mehr oder Weniger handelt. Es ist eben wieder der Punkt, wo die feinere Ausbildung der Naturanschauung, wo der Tact des Forschers allein die richtige Bestimmung geben kann, wenn man sich nicht über willkürliche absolute Maasse vereinigen will, die aber höchst unzweckmässig sind, weil bei der Grössenverschiedenheit der Blumen gerade das absolute Maass, z. B. eine Linie, zum relativen wird. Bei einer Blüthe, wie bei *Parietaria*, ist eine Linie ungeheuer viel; bei einer Blüthe, wie bei *Datura*, *Brugmansia* u. s. w., gar nichts. Da, wo innerhalb der unzweifelhaften Blüthe verlängerte Stengelglieder vorkommen, wie bei *Passiflora*, wäre das leichteste Auskunftsmittel, diese zum Maass zu nehmen, aber das ist nur selten der Fall und daher dieses beste Auskunftsmittel nur von beschränkter Anwendung. Im Ganzen aber wird selten ein Fall des Zweifels vorkommen, wenn man mit reinem und feinem Wahrheitsgefühl die Natur zu verstehen sucht und nicht diese den eigenen vorgefassten Ansichten anpassen will.

Der Hüllkelch kann, so wie ich ihn bestimme, sowohl beim Vorhandensein eines wirklichen Kelchs, als auch bei der Blüthenhülle vorkommen, im letzteren Falle aber nur da, wo er durch den unterständigen Fruchtknoten von der Blüthenhülle entfernt ist, denn es ist sonst kein Grund vorhanden, warum man ihn nicht hier geradezu Kelch nennen sollte, wie z. B. den zweitheiligen Kelch bei den Amarantaceen*.

Auch die Nebenkrone kann bei der Blüthenhülle vorkommen, ist aber immer hinlänglich durch die abweichende Bildung ihrer Blattstücke charakterisirt, so dass man sie nicht mit der Blumenkrone verwechseln und die Blüthenhülle für den Kelch nehmen kann.

Einem Gegenstande, der unter einen Begriff fallen soll, müssen nothwendig die wesentlichen Merkmale des Begriffs zukommen. Nun ist aber das wesentliche Merkmal der phanerogamen Blüthe das Vorhandensein der Fortpflanzungsorgane und folg-

* In fast allen Beschreibungen der Amarantaceen liest man *flores tribracteati*. Dass davon das eine Blatt einer ganz andern Axe, nämlich dem Blüthenstengel, angehört, wird dabei völlig ignorirt. Bei den Polycnemeen aber, wo völlig identisch dieselben Theile vorhanden sind und nur das eine Blatt, nämlich die einzig wahre Bractee, grün ist, heisst's: *flores quia in axilla folii sessiles bibracteati*. Fände sich eine Amarantacee mit farbiger Bractee und grünem Kelch, so würde es wahrscheinlich heissen: *flores quia in axillis foliorum duorum sessiles unibracteati!!* Wie soll man nun dergleichen schonend bezeichnen?

lich müssen alle Bildungen, denen die Fortpflanzungsorgane fehlen, wie die sterilen Blüthen der *Hydrangea*, des *Viburnum opulus*, der *Lachenalia*, alle Strahlblüthen der *Polygamia frustranea Linn.* u. s. w. eigentlich als besondere Organe neben den Blüthen abgehandelt werden. Jedenfalls müssen sie eine besondere Bezeichnung erhalten und ich habe sie vorläufig nur der Bequemlichkeit wegen hier bei den Blüthendecken eingeschaltet. Einer besondern Behandlung bedürfen sie nicht, da im Ganzen alles was von den Blüthendecken gesagt wird, auch von ihnen gilt.

§. 149.

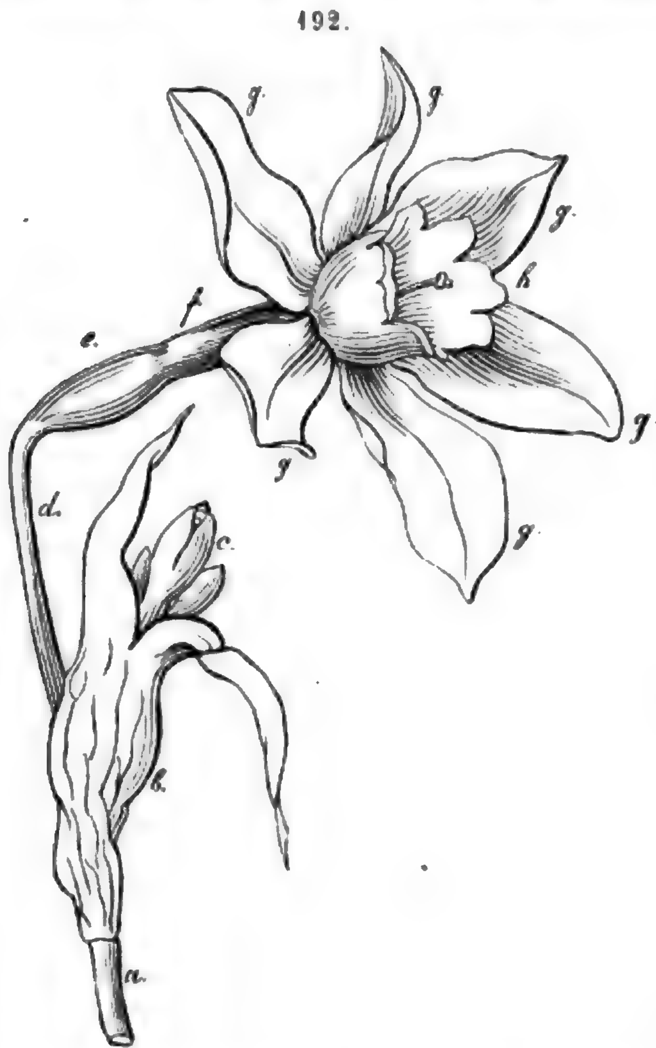
Die Blüthenhülle (*perianthium*) besteht, nach der gegebenen Erörterung, in einem oder mehreren Blattkreisen, die unter einander gleichförmig nach Form, Farbe und Structur ausgebildet sind. Für sie lässt sich folgender Formenkreis näher bezeichnen. Die einzelnen Blattorgane sind immer (?) flächenförmig ausgebreitet; selten in Blattscheibe und Nagel getrennt, wenigstens wenn sie unverwachsen sind; gewöhnlich oval, oder lanzettlich; sie können grün (männliche Blüthe der Urticeen) oder mannigfach gefärbt (bei Thymeleen), von derberer, besonders wenn grün (bei Elaeagneen), oder von zarterer Textur erscheinen (bei Aristolochiaceen), oder sie können nur als zarte, saftlose Fetzen (Spreublättchen, *paleae*), als Borsten und Haar entwickelt sein (bei den Typhaceen, Cypereen). Die Blüthenhülle ist überwiegend häufig regelmässig, selten (bei einigen Ranunculaceen und Orchideen) symmetrisch; in diesem Falle niemals (?) wahrhaft zweilippig, oft dagegen mit einem Lippenblatt versehen, wie bei den Orchideen; dieses ist dann nicht selten hohl entwickelt (*cucullatum* bei *Aconitum; calcaratum* bei Orchideen) und gewöhnlich das oberste Blatt der Blüthenhülle. Ihre Blattstücke können frei (bei *Junceae*) oder verwachsen (bei *Funkia*, *Hemerocallis*) sein, aus einem (bei Urticeen) oder mehreren Kreisen (bei Liliaceen) bestehen. Auch sind die Theile häufig mit den Staubfäden verwachsen; bei den verwachsenen Blüthenhüllen ist die Röhre bald gerade (bei *Narcissus*); bald gebogen (bei *Aristolochia*), die Mündung meist nackt, seltener mit Anhängseln besetzt (bei *Narcissus*), die einen Kranz bilden, sie sind bei der Blüthenhülle überhaupt seltener und bei freien Blattorganen nur (?) auf der Lippe vorkommend; bei *Iris* hat der innere Blattkreis oft einen Bart.

Bei der gegebenen Definition von Blüthenhülle (192, S. 456) ist allerdings nicht in Abrede zu stellen, dass in einer und derselben Familie, z. B. bei Rosaceen (im weiteren Sinne), bei Ranunculaceen (193, S. 456) u. s. w., bald Blüthenhülle, bald Kelch und Blumenkrone vorhanden sei. Dadurch entsteht aber, bei richtiger Beurtheilung des Verhältnisses, gar kein Nachtheil, denn die Einheit des Typus beruht nicht in unserer Namengebung, die nur der anschaulichen Bezeichnung dient, sondern in dem Gesammtbau der Pflanzen, der immer eine Mannigfaltigkeit specifischer Modificationen zulassen kann und muss. Blüthendecken sind überhaupt nur Blattorgane, und selten wird blos auf ihrer verschiedenen Ausbildung der Charakter einer Pflanzengruppe beruhen. Leicht zeigt sich dem aufmerksamen Naturbeobachter die innere Verwandtschaft in gewissen Pflanzengruppen, aber diese Verwandtschaft hängt nicht ab von dem Worte, welches wir wählen, um die Gruppen kurz zu charakterisiren, und es ist überall noch unendlich schwer, hier den richtigen Ausdruck für die Bezeichnung zu finden wegen unserer so unendlich mangelhaften Kenntniss der Pflanzen. Hier kann allein die Entwickelungsgeschichte einmal helfen, denn die Einheit der Gruppe liegt stets in gewissen Formen des Entwickelungsprocesses, aber gerade hier stehen wir kaum am Eingang in die Wissenschaft.

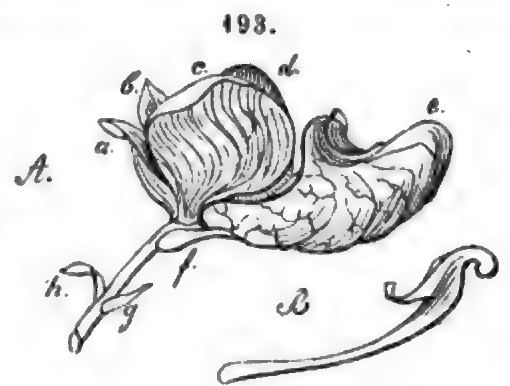
Eigenthümlich ist die Blüthenhülle bei den weiblichen Blüthen von *Carex*. Sie ist ursprünglich dreiblätterig, aber ein Blatt verkümmert sehr bald, während die andern

sich übermässig entwickeln, mit den Rändern verwachsend das verkümmernde Blatt einschliessen und so die schlauchförmige Hülle um den Fruchtknoten bilden, den man *utriculus*, *cupula* u. s. w. genannt hat. (Kupfertaf. II. Fig. 24—26 m. d. Erklär.) Aehnlich ist die Blüthenhülle (194) der Gräser, die auch ursprünglich aus drei Blät-

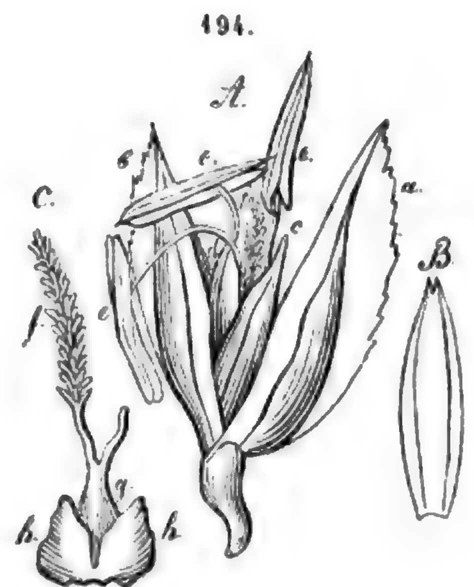
192.



193.



194.



tern besteht, von denen eins (*palea exterior*) sich übermässig ausbildet, und die andern beiden, die bald unter einander verwachsen und kümmerlich hautartig sich ausbilden (*palea superior binervis*), umschliesst. (Kupfertafel II. Fig. 21—23 m. d. Erklär.)

Der Bau der Blüthenhüllblätter ist im Ganzen der sehr einfacher Blätter und zeigt wenig besondere Verhältnisse, besonders wenn sie grün sind. Die Verästelungen der Gefässbündel sind demnach einfach, die Trennung in eine obere und untere Pa-

192. *Narcissus laetus*. Blüthen. *a* Blüthenstengel. *b* Blustenscheide. *c* Knospen. *d* Blüthenstiel. *e* Unterständiger Fruchtknoten. *f* Röhre der Blüthenhülle. *g* Saum der Blüthenhülle, als 6 freie Blättchen erscheinend. *h* Kranz aus 6 verwachsenen Blatthäutchen der Blüthenhüllblätter gebildet.

193. *Aconitum napellus*. *A* Blüthe. *a* bis *e* Fünf Blüthenhüllblätter, *e* kapuzenförmig. *f*, *g*, *h* Drei Deckblättchen. *B* Nebenkronenblatt.

194 *Phalaris coerulescens*. *A* Gras-Aehrchen. *a* und *b* Blustenhülle aus zwei Bracteen gebildet (*valvae glumae auct.*). *c*, *d* Ein freies und zwei verwachsene (*d*) Blüthenhüllblätter (*paleae auct.*). *e*, *e*, *e* Drei Staubfäden. *f* Eine Narbe. *B* Die beiden verwachsenen Blüthenhüllblätter mit zwei Nerven (*palea superior auct.*). *C* Stempel, am Grunde von den beiden schwach verwachsenen Nebenkronenblättern, *h*, *h* (*squamulae auct.*), umgeben. *g* Fruchtknoten. *h* Eine Narbe, die andere ist abgeschnitten.

renchymschicht ist selten angedeutet, die Oberhaut aber wie gewöhnlich. Bei den gefärbten und zartern Theilen enthalten die Zellen des Parenchyms Farbestoffe. Bei den meisten ist das Parenchym sehr locker und fast schwammförmig mit homogenem, wasserhellen Safte und grossen, lufterfüllten Intercellularräumen, daher die weisse Farbe. Die Oberhaut ist weniger entwickelt bei den gefärbten Blättern und nähert sich mehr der Structur des Epithelium, Spaltöffnungen sind zuweilen vorhanden, besonders auf der untern Fläche, öfter aber sind die Oberhautzellen, zumal der obern Fläche, in kürzere oder längere Papillen erhoben, die der Oberfläche den eigenthümlichen Sammetglanz verleihen. Ausserordentlich häufig ist es hier, dass die Absonderungsschicht auf der Epidermis oft sogar recht regelmässig zart eingeritzt (*aciculatus*) erscheint, was sicher auch mit zur Erhöhung des Farbenglanzes und vielleicht auch durch Einwirkung auf die Lichtstrahlen zur Bildung und Modificirung des Farbentons beiträgt. Zuweilen, besonders im Grunde hohler Formen, bildet sich an bestimmten Stellen keine Oberhaut aus, auch nimmt das Parenchym wohl eigenthümliche Structur an und dient der Aussonderung eines sehr zuckerhaltigen Saftes, so z. B. der Spiegel an der Basis der Blätter von *Fritillaria*, sehr verschiedene Stellen am *labellum* der Orchideen u. s. w. Selten ist die Textur hart und fast holzig von vielen eingestreuten, stark verdickten und porösen Parenchymzellen, wie bei *Banksia*- und *Dryandra*-Arten (?). Bei den spreublattartigen Blüthenhüllen fehlen dem gewöhnlich einfachen Gefässbündel die Spiral- und andern Gefässe, bei den haarförmigen fehlen selbst die Gefässbündel.

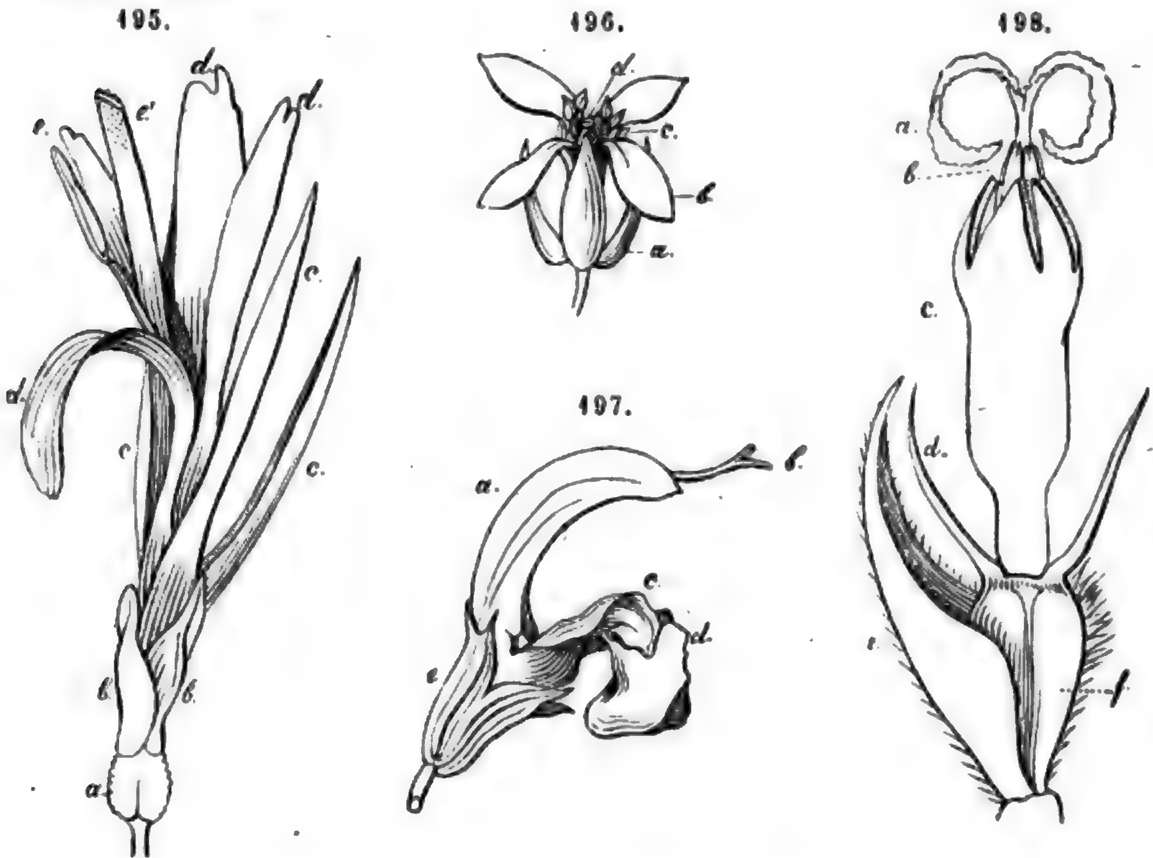
§. 150.

Der Kelch (*calyx*) ist immer nur dann vorhanden, wenn neben ihm eine Blumenkrone vorkommt; er ist also nie zu verwechseln; von zwei ungleichartigen Blüthendecken ist er die äussere. Sein Formenkreis ist dem der Blüthenhülle sehr gleich, vielleicht findet er sich nicht so oft zart gebaut und gefärbt (wie z. B. bei Scitamineen, Musaceen, Butomeen, *Ranunculus*, *Tropaeolum*). Gewöhnlich ist nur ein Kreis Kelchblätter vorhanden, seltener zwei (bei den Berberideen). Die Kelchblätter sind auch stets sehr einfach, oval oder lanzettlich, selten fiederspaltig, sehr häufig von breiter Basis aus spitz zulaufend, oder sehr klein (*dentes calycis obsoleti*), zuweilen nur als trockne Schüppchen, oder als Haarbüschel vorhanden (der sogenannte *pappus* bei den Compositen). Anhängsel kommen selten vor bei den Kelchblättern, häufig dagegen hohle Formen. Die Zahl der Kelchblätter in jedem Kreise ist bei den Monocotyledonen häufig drei, seltener vier oder zwei; bei den Dicotyledonen zwar am häufigsten fünf, doch auch zwei, drei, vier (und vielleicht auch mehr). Verwachsungen der Kelchblätter unter einander kommen in jeder Weise vor, niemals aber, so viel mir bekannt, mit Blumenkrone und Staubfäden, niemals mit dem Fruchtknoten; was man so nennt, ist ein ganz anderes schon oben (§. 145) als unterständiger Fruchtknoten erörtertes Verhältniss. Sowohl bei freien, als verwachsenen Kelchblättern kommt Regelmässigkeit und Symmetrie vor; im letzten Falle häufig zweilippiger Bau.

Ueber die Structur des Kelchs gilt ganz dasselbe, was über die Blüthenhülle gesagt ist, nur sind grüne, blattartig gebaute Kelchblätter häufiger.

Es ist hier nur nöthig, durch einige Beispiele die Anschauung zu leiten, da der Begriff des Kelchs richtig gefasst durchaus nichts Schwieriges hat. Dazu mag der

der dreiblättrige Kelch von *Canna exigua* (195), der vielblättrige Kelch von *Isatis tinctoria* (196), der verwachsenblättrige von *Salvia patula* (197) und der verkümmerte (*pappus*) bei *Actinomeris alternifolia* (198) genügen. — Eine Entwickelungsgeschichte des Kelchs, so weit sie nöthig scheint, giebt die Kupfertafel III. bei *Passiflora princeps*.



§. 151.

Die Blumenkrone (*corolla*), stets nur als innere Blüthendecke neben dem Kelche vorhanden, ist ganz einer gefärbten, zart gebauten Blüthenhülle zu vergleichen. Niemals kommt, so viel ich weiss, eine ächte Blumenkrone vollkommen grün und blattartig gebaut vor. Ihr Formenkreis ist von allen Blüthendecken am grössten. Bei den Monocotyledonen sind freilich fast nur einfache rundliche, ovale, oder lanzettliche Blätter, selten kurz genagelt vorhanden. Bei den Dicotyledonen ist der Formenreichthum unermesslich, sowie die Mannigfaltigkeit und Pracht der Farben. Folgendes sind die Hauptmomente.

Das einzelne Blumenblatt zeigt fast den ganzen Reichthum der Blattformen in verjüngtem Maassstabe und zarten Verhältnissen, mit Ausnahme der ächt zusam-

195. *Canna exigua*. Entwickelte Blüthe. *a* Unterständiger Fruchtknoten. *b* Kelch. *c* Aeusserer, *d* innerer Kreis der Blumenkrone. *e* Staubfaden. *e'* Staubweg.

196. *Isatis tinctoria*. Blüthe. *a* Vierblättriger Kelch. *b* Vierblättrige Blumenkrone. *c* Sechs Staubfäden. *d* Stempel.

197. *Salvia patula*. Blüthe. *e* Fünfgliedriger verwachsenblättriger zweilippiger Kelch. *a* Oberlippe der fünfgliedrigen verwachsenblättrigen zweilippigen Blumenkrone aus zwei Blättern verwachsen. *c*, *d* Unterlippe aus drei Blättern, einem mittlern (*d*) und zwei seitlichen (*c*) verwachsen. *b* Staubweg und zweitheilige Narbe.

198. *Actinomeris alternifolia*. Einzelne Blüthe. *e* Deckblatt (*palea auct.*). *f* Unterständiger Fruchtknoten. *d* Verkümmerter Kelch (ursprünglich fünfgliedrig) (Haarkrone, *pappus auctor.*). *c* Blumenkrone fünfgliedrig verwachsenblättrig, röhrenförmig. *b* Röhre aus den fünf zusammenklebenden Staubbeuteln gebildet. *a* Staubweg mit zwei Narben.

mengesetzten. Besonders häufig sind hier hohle Formen, kapuzenförmige, kahnförmige, gespornte Blumenblätter, diese letzteren öfter an einzelnen Blättern einer sonst regelmässigen Blumenkrone (z. B. bei *Fumaria*). Auch fingerförmig und gefiedert gespaltene, sowie mannigfach gelappte Blätter sind nicht ganz selten. Blattscheibe und Nagel zeigen sich häufig als deutlich zu unterscheidende Formen. Den Blatthäutchen analoge Theile, sowie fast alle denkbaren Formen der Anhängsel, mit Ausnahme der Nebenblätter, kommen häufig vor und charakterisiren Geschlechter und Familien.

Unerlässlich ist es in dieser Beziehung, die blossen Anhängsel der Blumenblätter von selbstständigen Blattorganen zu unterscheiden. Zu Ersteren gehören namentlich die Deckschuppen (*fornices*) der Borragineen, die Kranzschuppe (*corona*) bei den Sileneen, die meisten als Kranz beschriebenen Bildungen bei den Stapelien und einigen andern Asclepiadeen, die Honigschuppen (*nectaria*) bei *Ranunculus* und bei *Parnassia* u. s. w.

Die Blumenkrone besteht aus einem, seltener zwei (dreigliedrigen bei *Berberis*) oder mehreren (viergliedrigen bei *Nymphaea*) Blattkreisen. Die Zahl der Glieder ist bei Monocotyledonen denen des Kelchs gleich, bei Dicotyledonen herrscht die Fünfzahl vor, doch kommen auch 2—4 und mehr (bei *Dryas?*) Glieder eines Kreises vor. Die Zahl der Glieder ist der des Kelches entweder gleich oder grösser, äusserst selten (z. B. bei *Hibiscus*) kleiner.

Das Fehlschlagen ist nicht selten und trifft oft alle Blattorgane der Blumenkrone zugleich (z. B. bei den Sommerblüthen mehrerer *Viola*-Arten, bei *Lepidium ruderale*, einigen *Acer*-Arten). Noch häufiger sind die Verwachsungen der Blattorgane in jeder Weise, niemals zwar mit dem Kelch und dem Fruchtknoten, oft aber mit den Staubfäden.

Bei freien oder verwachsenen Blattorganen kann die Blumenkrone regelmässig oder nur symmetrisch sein. Bei letzterer ist die häufigste Form die zweilippige Bildung, besonders bei fünfgliedrigen Kreisen, so dass, je nachdem das unpaare Blüthenblatt das oberste oder das unterste der Blüthe ist, die Oberlippe aus drei oder aus zwei Blumenblättern gebildet wird; im letztern Falle sind gar häufig diese beiden gar nicht oder nur wenig unter einander verwachsen, z. B. bei *Teucrium*, den sogenannten Zungen- oder Strahlblumen (*floribus ligulatis vel radiatis*) der Compositen. Besondere Formen der symmetrischen Blumen sind z. B. *a.* die maskirten Blumen (*corolla personata*), bei denen die oberen Blumenblätter einer verwachsenen Blumenkrone so eingebogen sind (welchen Theil man als Gaumen [*palatum*] bezeichnet), dass sie den Eingang in die Röhre verschliessen (z. B. bei *Antirrhinum*), *b.* die ächte zweilippige oder Rachenblume (*corolla ringens*) bei den Labiaten, bei denen die zwei, die obere Lippe bildenden Blumenblätter oft eine hohle, die Unterlippe überragende Gestalt haben, und dann Helm (*galea*) heissen, *c.* die sogenannte Schmetterlingsblume (bei den Papilionaceen), bei der das oberste Blatt gross und breit die andern überragt und Fahne (*vexillum*) genannt wird, während die beiden seitlichen, als Flügel (*alae*) meist ungleichförmig entwickelt, sich an die beiden untern, sehr häufig verwachsenden, ebenfalls ungleichseitig entwickelten und kahnförmig zusammengeneigten Blätter, das Schiffchen (*carina*) genannt, anlegen; auch verwachsen wohl alle Blätter der Schmetterlingsblume unter einander im untern Theil zu einer Röhre (z. B. *Trifolium*), oder es schlagen einzelne Blätter fehl u. s. w. Viele höchst unregelmässige symmetrische Formen,

z. B. die der Polygaleen, der Balsaminen, Tropäolen u. s. w., haben zufällig keinen Namen erhalten.

Endlich vom Bau der Blumenkrone gilt alles das, was schon bei der Blüthenhülle, sobald sie zarter gebildet ist, gesagt wurde. Gar mannigfaltig ist hier der Inhalt der Zellen an Farbestoffen, gar wunderbar oft ihre gruppenweise Vertheilung. Selten ist eine besondere derbere Textur in Folge des Vorherrschens stark porös verdickter Zellen, wie bei den Amarantaceen. Ueberaus mannigfaltig ist der Bau der Oberhaut und der Entwickelungen derselben zu Papillen, Haaren u. s. w. Insbesondere ist ihre Entwickelung zu Nectar absondernden Flächen, zumal auf dem Grunde hohler Formen und an den Anhängseln häufig. Auch kommt an den Blumenblättern Ausscheidung einer viscinähnlichen Substanz und in Folge dessen ein Zusammenkleben derselben vor, z. B. an der Spitze der beiden innern Blumenblätter der Fumariaceen. Uebrigens kenne ich keine besonders auffallenden Verhältnisse, die Erwähnung verdienten.

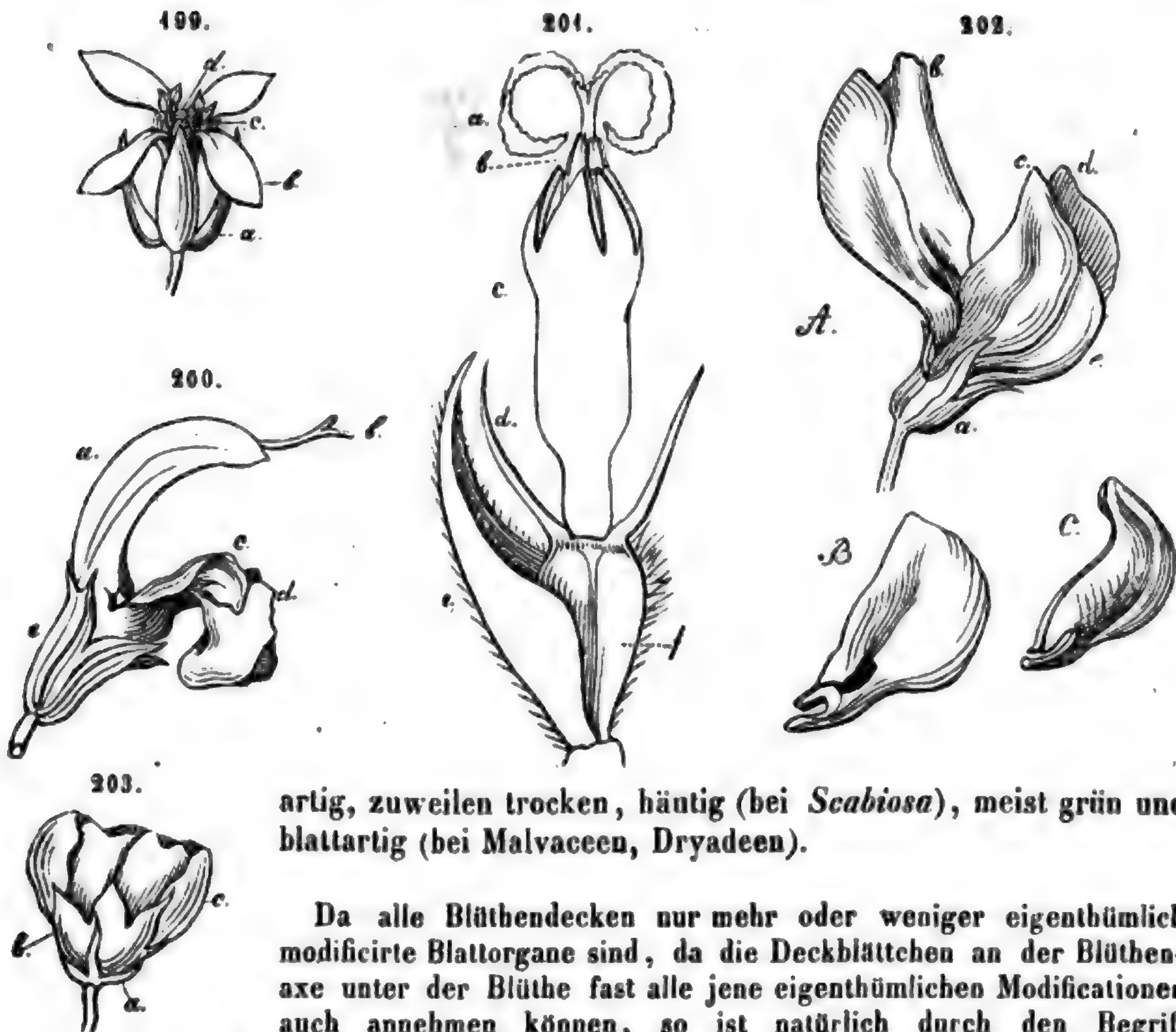
Nur einige Beispiele für das im Paragraphen Gesagte will ich hier mittheilen, welche die vierblättrige kreuzförmige Blumenkrone (199), die zweilippige (200), die trichterförmige (röhrenförmige) (201), die Schmetterlingsblume (202) und die becherförmige vielblättrige (203) darstellen. Eine Entwickelungsgeschichte der regelmässigen Blumenkrone von *Passiflora princeps* findet sich auf Kupfertafel III.

Die Blumenkrone hat mit der Mannigfaltigkeit ihrer Formen, mit der Pracht ihrer Farben von jeher die Menschen angezogen, und so hat man auch seit den ältesten Zeiten wissenschaftlicher Bearbeitung der Botanik auf die Kenntniss der Blumenkrone grossen, oft zu grossen Werth gelegt, indem man die andern Theile dagegen vernachlässigte. Dass sich bei dem allgemeinen Charakter der Pflanzenwelt, vornehmlich buntes und mannigfaltiges Spiel der Gestalten zu begünstigen und so zum reich gestickten Kleide der geognostisch nackten und armen Erde zu werden, auch vorzüglich in diesem recht eigentlich nur dem Formenreichthum dienenden Organ das Wesen der einzelnen Pflanzengruppen, Geschlechter und selbst Arten aussprechen wird, ist allerdings zu erwarten; aber immer bleibt es doch nur ein Theil des gleichberechtigten Ganzen und insbesondere ist für das wissenschaftliche Verständniss der Pflanze wegen der noch gänzlich unentdeckten Gesetze der Formenbildung die Blumenkrone nur als ein selbst untergeordneter Theil zu betrachten, und wir werden uns bei einseitiger Hervorhebung derselben gerade am weitesten vom Ziel entfernen. Insbesondere für die allgemeine Botanik sind auch nur die Gesichtspunkte anzudeuten, nach denen man sich in dem unendlichen Reichthume des Einzelnen zu orientiren hat, und das habe ich im Paragraphen zu thun versucht. Weiter auf den Bau der Blumenkrone einzelner Gruppen einzugehen, halte ich für fehlerhaft und den Lernenden im höchsten Grade verwirrend. Die Ausführung dieser Specialitäten gehört der speciellen Botanik an, wo dann aber auch bei der Entwickelung der Familiencharaktere bei weitem mehr geleistet werden muss, als es bis jetzt die dürftige Summula aus den eben so dürftigen Beschreibungen der Geschlechter leistet.

Im Uebrigen habe ich dem im Paragraphen Gesagten nichts hinzuzufügen.

§. 152.

Der Hüllkelch (*epicalyx*) zeigt sich dann, wenn sich an den Blüthendecken drei verschiedenartige Reihen von Blattorganen unterscheiden lassen, und ist dann die äusserste Reihe. Es sind nicht viele Pflanzen, die einen Hüllkelch zeigen, noch weniger Pflanzenfamilien, denen er constant zukäme. In seinem Formenkreise und seiner Structur stellt er sich dem Kelche sehr gleich. Er kommt mit freien (bei *Passiflora*) und verwachsenen (bei *Lavatera*) Blättern vor, selten zart, blumen-



artig, zuweilen trocken, häutig (bei *Scabiosa*), meist grün und blattartig (bei Malvaceen, Dryadeen).

Da alle Blüthendecken nur mehr oder weniger eigenthümlich modificirte Blattorgane sind, da die Deckblättchen an der Blüthenaxe unter der Blüthe fast alle jene eigenthümlichen Modificationen auch annehmen können, so ist natürlich durch den Begriff keine Grenze der Blüthe nach Unten zu ziehen, wo sie uns nicht aus der Anschauung entgegentritt. Bei den Familien der Malvaceen (203), Dipsaceen, Passifloren treten uns aber gewisse Kreise von Blattorganen noch ausserhalb des Kelchs zu einer Gesammtform anschaulich zusammen und offenbar in einer engen Beziehung zur Blüthe, und diese verdienen daher gerade so gut wie der Kelch als eine eigene Form der Blüthendecken aufgefasst und charakterisirt zu werden. Bei allen Familien mit zerstreuten Blättern kann über den Unterschied zwischen Deckblättchen und Hüllkelch kein Zweifel obwalten, wenn man letztern als einen Blattk r e i s dicht unterhalb des

199. *Isatis tinctoria*. Blüthe. *a* Vierblättriger Kelch. *b* Vierblättrige Blumenkrone. *c* Sechs Staubfäden. *d* Stempel.

200. *Salvia patula*. Blüthe. *e* Fünfgliedriger, verwachsenblättriger, zweilippiger Kelch. *a* Oberlippe der fünfgliedrigen, verwachsenblättrigen Blumenkrone, aus zwei Blättern verwachsen. *c d* Unterlippe, aus drei Blättern, einem mittlern (*d*) und zwei seitlichen (*c*) verwachsen. *b* Staubweg und zweitheilige Narbe.

201. *Actinomeris alternifolia*. Einzelne Blüthe. *e* Deckblatt (*palea auct.*). *f* Unterständiger Fruchtknoten. *d* Verkümmerter Kelch (ursprünglich fünfgliedrig) (Haarkrone, *pappus auctor.*). *c* Blumenkrone fünfgliedrig, verwachsenblättrig, röhrenförmig. *b* Röhre aus den fünf zusammenklebenden Staubbeuteln gebildet. *a* Staubweg mit zwei Narben.

202. *Lathyrus odoratus*. Blüthe. *A a* Fünfgliedriger, verwachsenblättriger Kelch, eine fünfblättrige unregelmässige (schmetterlingsförmige) Blumenkrone umschliessend. *b* Oberes Blumenblatt (Fahne, *vexillum*). *c d* und *B* Zwei seitliche Blumenblätter (Flügel, *alae*). *e* und *C* Zwei untere Blumenblätter mit dem untern Rande verwachsen (zusammen Kiel, Schiffchen, *carina*).

203. *Malva miniata*. Blüthe. *a* Dreiblättriger Aussenkelch. *b* Fünfgliedriger, verwachsenblättriger Kelch. *c* Fünfblättrige Blumenkrone.

Kelchs bezeichnet. Bei quirlförmiger Blattstellung möchte die Unterscheidung schwerer sein; mir ist aber noch kein Beispiel der Art bekannt.

Einige haben geglaubt, den Hüllkelch der Dryadeen, z. B. bei *Potentilla*, sehr scharfsinnig zu erklären, wenn sie ihn aus den verwachsenen Nebenblättern der Kelchblätter ableiteten. Solche Missgriffe sind die unvermeidlichen Folgen der verkehrten Methode des Rathens, statt des Untersuchens. Der Hüllkelch bei *Potentilla* und den Verwandten ist ein ächter Blattkreis und zwar, wie sich auch von selbst versteht, der erste, der sich an der ganzen Blüthe bildet, und die Kelchblätter entstehen erst später und höher an der Axe als zweiter Blattkreis.

---

b. *Von den Staubfäden.*

§. 153.

Der Staubfaden (*stamen*) ist ein unzweifelhaftes, reines Blattorgan und von allen Blattorganen der Blüthe dasjenige, welches dem Stengelblatt am meisten analoge Formen zeigt.

Es ist das einzige Blattorgan der Blüthe, welches nicht nur morphologisch durch Form- und Stellungsverhältnisse, sondern auch physiologisch durch die Bedeutung seiner eigenthümlichen Structurverhältnisse zur Bildung der Sporen, hier Blüthenstaub (Pollen) genannt, bestimmt ist. Hier gilt das Gesetz: wo kein Pollen sich bildet, ist auch kein Staubfaden. Die Ausdrücke *stamina abortiva*, *stamina castrata* u. s. w. haben keinen Sinn. In jener Beziehung entspricht es durchaus dem Sporophyll der kryptogamischen Stengelpflanzen, und die dort sich zeigenden Formen, für Classen typisch, treten hier für Familien oder Geschlechter charakteristisch wieder auf.

Wir finden hier das Sporophyll der meisten Farnkräuter, die eine Menge Kapseln (hier Fächer, *loculi*, genannt) aus der untern Blattfläche entwickeln, bei den Cycadeen. Bei vielen Coniferen bilden sich nur noch wenige, längere, röhrenförmige Fächer auf der untern Fläche aus (z. B. bei *Cunninghamia*); bei *Juniperus*, *Cupressus* u. s. w. sind die Staubfäden von dem Sporophyll der Equisetaceen durchaus nicht zu unterscheiden und ein Analogon des Sporophylls der Lycopodiaceen, wo sich auf der obern Fläche der Basis eines flachen Blattorgans eine Kapsel bildet, finden wir an *Humirium* und *Glossarrhena*, wo aber zwei Fächer statt eines auftreten. Gewöhnlich entspricht aber der Staubfaden dem Sporophyll der übrigen Farnen, bei denen nur der Blattstiel und Mittelnerv des Blattes ausgebildet ist, an dessen Seiten das Parenchym nur die Fächer formirt; aber natürlich ist der Bau nicht dem vielfach zerschlitzten Farnblatt entsprechend, sondern gewöhnlich einem einfachen, flachen und gestielten Blatte. Es zeigt sich dann eine verschmälerte Basis (der Blattstiel, hier aber Träger, *filamentum*, genannt) und ein oberer, breiterer Theil (die Blattscheibe, hier Staubbeutel, *anthera*, genannt). Man unterscheidet ferner an dem Staubbeutel einen mittleren Theil (den Mittelnerv des Blattes, hier Mittelband, *connectivum*, genannt), und die Seitentheile als Fächer (*loculi* oder *thecae*), welche als kugelige, eiförmige oder länglich cylindrische Wülste auf dem Scheitel, an den Rändern, auf der oberen oder unteren Fläche des Mittelbandes erscheinen; ferner den ursprünglichen Rand des Blattes als Längsfurche (*rima longitudinalis*). Endlich bei vielen Staubfäden ist analog dem sogenannten sitzen-

den Blatte die ganze Blattsubstanz zur Bildung der Fächer verwendet (*anthera sessilis*).

Jeder Staubfaden entsteht wie ein Blatt, durchläuft anfänglich ähnliche Formenreihen und seine spätere eigenthümliche Erscheinungsweise ist immer erst Folge seiner specifischen Entwickelung, die sich nicht nur ideell, sondern auch meistens reel in der Entwickelungsgeschichte auf wenige einfache Grundtypen zurückführen lässt. Neben dem schon oben durchgeführten kryptogamischen Typus in den Familien der Cycadeen und Coniferen kann man noch einen phanerogamen Typus unterscheiden, der wesentlich darin besteht, dass, abgesehen vom Vorhandensein des Trägers, sich ein flaches Blatt so ausbildet, dass seine Mittelrippe zum Mittelband, sein Rand zur Längsfurche wird, sein Parenchym an beiden Seiten des Mittelbandes anschwillt, in welchem dann durch Bildung der endlich lose liegenden Pollenkörner an jeder Seite ein (bei *Abies* und den Asclepiadeen) oder zwei Antherenfächer (wie gewöhnlich) gebildet werden. Dieser Typus liegt, mit Ausnahme von *Najas* und *Caulinia* und einigen Aroideen (bei denen mir die Entwickelungsgeschichten fehlen), sicher allen phanerogamen Staubfäden zu Grunde. Alle ferneren Eigenthümlichkeiten beruhen entweder auf blos einseitiger Entwickelung der Fächer (bei *Canna*, *Salvia*), oder auf übermässiger Entwickelung des Mittelbandes, entweder im Ganzen, so dass die Fächer mehr oder weniger weit von einander entfernt werden (wie bei *Lacistema* und *Salvia*), oder nach der Basis zu (z. B. *Stachys sylvatica*), oder nach Oben (z. B. *Berberis*, *Humirium*), an der untern Fläche, so dass die Fächer scheinbar auf der oberen Fläche zu liegen kommen (*antherae anticae, introrsae*), oder an der oberen Fläche, so dass die Fächer auf der unteren Fläche erscheinen (*antherae posticae, extrorsae*), oder auf dem Zusammentreffen mehrerer dieser Arten von übermässiger Entwickelung. Es kommen ferner sehr unregelmässige Entwickelungen des Mittelbandes und somit der davon abhängenden Fächer vor, z. B. die schlangenförmig gebogenen (bei vielen Cucurbitaceen), die der korinthischen Voluta ähnlich eingerollten Fächer bei *Philhydrum* u. s. w., die, alle von derselben ursprünglichen Bildung ausgehend, nur allmälig diese Formen annehmen. Es kommen ferner noch besondere Auswüchse des Mittelbandes vor, besonders auf der unteren Fläche, wo sie seltsame Formen von Sporen, Kapuzen, z. B. bei *Asclepias* u. s. w., annehmen und hier gewöhnlich unter dem Namen *corona* mit himmelweit verschiedenen Gebilden zusammengeworfen werden. Auch an den Fächern finden sich bald oben, bald unten Fortsätze und Anhängsel mannigfacher Art (z. B. bei den Ericeen). Höchst eigenthümlich breitet sich das Mittelband auf der Rückseite des Staubbeutels über denselben, besonders aber nach Oben und Unten überragend und mantelartig einhüllend, bei vielen Apocyneen aus. Auch auf der Verbindung der Anthere mit dem Träger beruhen viele Verschiedenheiten, oft bildet sich gar kein Träger aus; wenn er vorhanden ist, geht er stetig ins Mittelband über, das etwas breiter als er erscheint, und dessen Basis von der Basis der Fächer nicht überragt wird, oder die letzteren ragen weiter darüber hinaus, so dass der Träger sich zwischen den Fächern inserirt, dem *folium cordatum* oder *sagittatum* entsprechend, oder die Fächer bilden sich auf ähnliche Weise über die Basis des Mittelbandes hinaus und verwachsen gleich bei der Bildung unter einander, dem *folium peltatum* entsprechend; man nennt dies *anthera dorso affixa*, oder weil sie auf dem dünnen Träger gewöhnlich schwankt, *anthera versatilis*. Endlich bietet auch der Träger, dem Blattstiel entsprechend, eine grosse Reihe von

Verschiedenheiten dar, indem er linienförmig, flächenförmig (bandartig), oder dick und fleischig entwickelt sein kann, sowohl auf der obern als untern Seite Anhängsel allerlei Art zeigt und insbesondere diejenigen, die den bei Blättern vorkommenden entsprechen, so z. B. dem Blatthäutchen ähnliche (bei *Cuscuta* und einigen *Zygophyllum*-Arten), und insbesondere die den Nebenblättern entsprechenden Anhängsel (wie bei vielen Laurineen, Amarantaceen, *Allium*-, *Alyssum*- und *Campanula*-Arten), was um so merkwürdiger ist, da kein anderes Blattorgan der Blüthe etwas Aehnliches zeigt.

Eine ächte Gelenkbildung in der Continuität desselben Staubfadens kann ich nirgends finden, bei Compositen ist sicher nichts davon vorhanden.

Es kommen hier ferner Verwachsungen aller Art, sowohl der Staubfäden unter sich in ihrer ganzen Länge, oder der Träger ganz oder theilweise, der Träger mit der Blüthenhülle oder der Blumenkrone vor. Auch blosse Verwachsung der Nebenblätter, z. B. bei den Amarantaceen.

Auch hier sind einige Punkte hervorzuheben, die einer genaueren Entwickelung bedürfen, um ein richtiges Verständniss des Staubfadens zu begründen.

Zuerst muss ich hier die Frage erörtern, was eigentlich der Begriff des Staubfadens ist. Darüber brauche ich kein Wort mehr zu verlieren, dass er ein modificirtes Blatt ist, denn darüber sind heut zu Tage wohl alle nur einigermaassen zu berücksichtigenden Botaniker einverstanden; aber damit ist gar wenig für die Begriffsbildung geschehen; wir haben unter den Blattorganen so vielerlei Arten, die das ganze Gebiet der Möglichkeiten nach Stellungs-, Form-, Farben- und Structurverhältnissen umfassen, dass es eben darauf ankommt, den Staubfaden hier gegen alle andern Formen einzugrenzen. Auch als Blattorgan der Blüthe ist der Begriff nicht bestimmt, denn auch hier ist die Sphäre noch unendlich gross. Uns bleiben dem Princip gemäss, welches ich an die Spitze der ganzen Lehre gestellt habe, nämlich nach der morphologischen Betrachtungsweise, nur zwei Möglichkeiten der schärfern Begriffsbestimmung, nämlich die nach der äussern Form und nach der innern, oder nach den Structurverhältnissen. Nach der äussern Form ist es aber unzweifelhaft das äusserlich sichtbare Antherenfach, nach der Structur die Bildung des Pollens, was den Staubfaden als solchen bestimmt; beide hängen so innig mit einander zusammen, dass es gleichgültig ist, welches Merkmal man festhält. Lässt man dieses Merkmal weg, so ist fast kein Staubfaden von den accessorischen Blattorganen der Blüthe zu unterscheiden, viele, z. B. die äussern Staubfäden der *Nymphaea*, die Staubfäden von *Canna*, durchaus nicht vom Blumenblatt u. s. w. Und so ist die Begriffsbestimmung dahin zu fassen: Staubfaden ist das Blattorgan der Blüthe, welches Antherenfächer und in denselben Pollen entwickelt. Durch eine solche Begriffsbestimmung gewinnt man für das Verständniss der Blüthe und für die scharfe Beschreibung der Formen eine sichere Grundlage. Alles, was diesem Begriffe — und eine andere Begriffsbildung ist unmöglich — nicht entspricht, ist dann auch nicht Staubfaden. Hiernach wird es also völlig unrichtig und überflüssig, von castrirten, fehlgeschlagenen Staubfäden zu sprechen, d. h. von Staubfäden, die keine Staubfäden sind. Es liegt nämlich dieser Rede eine mangelhafte Auffassung der Natur der ganzen Blüthe zum Grunde. Diese besteht aus Blattorganen (und Axenorganen) in verschiedenen Modificationen, von denen einige Staubfäden (oder Saamenknospen) sein müssen, wenn der Begriff der Blüthe nicht aufgehoben sein soll. Wie viele Blattorgane aber als Staubfäden entwickelt werden, ist durchaus nicht in dem Wesen der Blüthe gegeben. Auch für bestimmte Pflanzengruppen lässt sich hier kein Gesetz ableiten, die Natur bildet bald so, bald so; was aber den Gruppen als Typus zum Grunde liegt, sind bestimmte Entwickelungsverhältnisse, durch welche Zahl und Anordnung der Blattorgane der Blüthe, nicht aber die bestimmte Modification derselben bedingt wird. Diese letztere ist vielmehr von sehr

untergeordneter Bedeutung und kann nach Geschlecht und Art, ja selbst nach blosser Varietät, Spielart und Monstrosität, sich abändern. Das, warum es mir hier insbesondere zu thun ist, betrifft die Ausmerzung der anthropopathischen Vorstellung von gewissen idealen Typen, welche der Natur vorschweben sollen und die sie bald vollkommen, bald unvollkommen erreicht, die aber lediglich wir in die Natur hineinconstruiren und nicht aus ihr erhalten, und die uns höchstens als Nothbehelf dienen können, so lange bis der richtige Ausdruck für das wirklich Gemeinsame in einer Gruppe von Formen gefunden ist. Dieser Ausdruck kann aber allein und wird nur von der Entwickelungsgeschichte gegeben werden und wir müssen jetzt unbedingt, wenn wir uns selbst und die Natur verstehen wollen, jene unbeholfene Vorstellungsweise aufgeben. Und so müssen wir hier im speciellen Fall auch festsetzen und festhalten, dass Alles, was nicht Antherenfach und Pollen hat, auch kein Staubfaden, sondern eben eine andere Form der Blattorgane der Blüthe ist, die wir auf jene bestimmte Form zu beziehen durchaus nicht berechtigt sind. Nehmen wir als Beispiel die Commelinaceen, so liegt es in ihrem allgemeinen Charakter, fünf dreitheilige Blattkreise in der Blüthe zu entwickeln; für die bestimmte Gruppe kommt noch die Entwickelung der beiden äussern zu Kelch und Blumenkrone, des innersten zum Fruchtknoten hinzu; aber es gehört auch gerade zum Familiencharakter, dass sich die beiden mittlern bald alle, bald theilweise zu Staubfäden entwickeln und dass die übrigen Blattorgane im letzten Falle eigenthümliche Formen, die aber keine Staubfäden sind, annehmen. Man nennt nun diese sechs Blattorgane alle Staubfäden und setzt hinzu, zum Theil fehle ihnen die Anthere (also der einzige ausschliessliche Charakter der Staubfäden); dadurch will man für alle den Charakter der Familie festhalten; aber liegt denn das Gleiche in verschiedenen Pflanzen in unserer ohnehin immer mangelhaften Bezeichnungsweise, oder liegt es nicht vielmehr in der Pflanze selbst? Wäre das Letzte nicht der Fall, so wäre ja unsere ganze Systematik eben nur ein kindisches Spiel mit unseren Worten. Eine gleiche Bezeichnungsweise ist also für eine Familie völlig überflüssig, sobald man den Charakter der Familie richtig entwickelt hat. In diesem Beispiele beruft man sich auf die analoge Stellung bei verschiedenen Geschlechtern und auf die Stellung in einem und demselben Kreise, von dem man voraussetzt, alle seine Blattorgane müssen gleichartig entwickelt sein. Aber das Letzte ist so gut wie das Erste ein leeres Vorurtheil; hier kann man sich allenfalls noch helfen, weil die sich bildenden Nebenstaubfäden keine so scharf charakterisirten Organe sind, dass sie sogleich die Bezeichnung als *stamina castrata* unanwendbar erscheinen liessen; aber bei *Canna exigua* (vergl. Taf. II. Fig. 12. bis 20.) haben wir das schlagendste Beispiel von der völligen Verkehrtheit dieser Auffassungsweise, wo von dem innern Blattkreis ein Blatt abortirt, eins zum Staubfaden und eins zum Staubweg wird. Wollte man diesen Blattkreis entweder als Staubfadenkreis oder als Fruchtblattkreis bezeichnen, so würde das Monstrum einer phanerogamen Pflanze herauskommen, der typisch ein Organ fehlte, ohne welches sie gar nicht phanerogame Pflanze sein kann.

Zunächst wende ich mich sodann zur Analogie des Staubfadens mit dem Sporophyll der höheren Kryptogamen. Der vorurtheilsfreien Betrachtung stellt sich letzteres als ein reines Blattorgan dar, in welchem bestimmte Zellen zu Mutterzellen werden, die sich nach Bildung von je vier Sporen auflösen, so dass die Sporen in ihrer eigenthümlichen Form als einfache, mit einer eigenthümlichen Absonderungsschicht überzogene Zellen in gewissen, früher von den Mutterzellen ausgefüllten Höhlungen des Blattes frei liegen, und durch das regelmässige Zerreissen der Wände dieser Höhlen in Folge der Austrocknung ausgestreut werden. Diese Bildung finden wir nun auch vollkommen identisch bei der phanerogamen Anthere. Ich habe schon früher, so wie im Paragraphen, auf die Analogien aufmerksam gemacht, die sich bis ins Einzelne zwischen dem Sporophyll und dem Staubfaden insbesondere der Cycadeen und Coniferen durchführen lassen. Leider fehlt uns die Entwickelungsgeschichte der Staubfäden der

Cycadeen durchaus, aber vertraut mit der Entwickelung der andern Formen kann man hier so ziemlich ohne Gefahr durch Schlüsse fortkommen. Bei *Cycas* haben wir an einer holzigen Axe mit verkürzten Stengelgliedern eine Anzahl von Blattorganen, auf ihrer Rückseite erheben sich eine Menge von kleinen Zellenmassen, die zu (ungestielten) Kapseln werden, in denen sich die Pollenkörner entwickeln. Dass das Blattorgan hier sich zu einer holzigen Schuppe ausbildet, ist ein unwesentliches Moment von untergeordneter Bedeutung. Eine ähnliche Bildung bei einem Farnkraut wäre gar nicht unmöglich, könnte aber nur einen generischen Unterschied bedingen. So haben wir bei *Cycas* in allen wesentlichen Merkmalen das Sporophyll des Farnkrautes, und *Cycas* würde ein Farnkraut sein, wenn nicht die eigenthümliche Entwickelungsweise der Spore (des Pollenkorns) zur Pflanze eine so scharfe Grenze zöge. Ganz dasselbe gilt und in noch höherem Maasse von der Analogie zwischen dem Staubfaden bei *Taxus* und dem Sporophyll bei *Equisetum*. Abgesehen von den Resten der Mutterzelle, die bei dem letztern den Sporen ankleben, wäre auch nicht einmal ein generischer Unterschied festzuhalten zwischen beiden Gebilden, wenn hier nicht ebenfalls die Entwickelung des Pollenkorns in der Saamenknospe bei *Taxus* hinzukäme. Die Kapsel an der Blattbasis an *Lycopodium* entspricht ebenfalls ungezwungen den drei Antherenfächern von der Blattbasis bei *Cuninghamia sinensis Rich*. Dass letztere auf der untern, erstere auf der obern Fläche des Blattes sich bilden, kann keinen wesentlichen Unterschied machen bei dem häufigen Wechsel von *anthera antica* und *postica* in derselben Familie. Verfolgen wir nun den Staubfaden von *Cycas* durch *Zamia*, *Araucaria*, *Agathis*, *Cunninghamia*, und den von *Taxus* durch *Juniperus*, *Thuya* und *Phyllocladus* bis zu *Pinus*, so finden wir in beiden Reihen einen allmäligen Uebergang zu einer einfachen Form, die dann für alle übrigen Phanerogamen der Grundtypus wird und sich schon durch Vergleichung, sicherer noch durch die Entwickelungsgeschichte auf ein in bestimmter Weise modificirtes Stengelblatt zurückführen lässt. Dieser phanerogame Typus der Antherenbildung besteht nun darin, dass sich die beiden Seitenhälften eines Blattes neben der Mittelrippe (Mittelband) zu Fächern ausbilden, in denen zwei durch eine Zellgewebsschicht getrennte Gruppen von Mutterzellen den Pollen bilden, so dass jeder Staubbeutel typisch eine *anthera bilocularis, quadrilocellata* ist. Ueber die scheinbaren Abweichungen von diesem Bau muss ich im folgenden Paragraphen ausführlicher reden, in diesem kommt es nur auf die Begriffsbestimmung und die äusseren Formenverhältnisse an.

Der letzte Punkt, der noch zu besprechen wäre, betrifft dann die äusseren Formenverschiedenheiten des Staubfadens. Ich habe mich hier, wie überall, darauf beschränkt, mit Hauptzügen die Richtungen anzudeuten, in denen diese untergeordneten Formenabänderungen vorkommen können. Auch hier sind die verschiedenen Bezeichnungsweisen der Formen nicht Zeichen für verschiedene Begriffe, sondern dienen der anschaulichen Beschreibung, und sind daher als ikonische Ausdrücke nach dem Wortsinne zu verstehen; sie sind deshalb auch in der Wissenschaft durchaus nichts Festes, sondern der beständigen Ausbildung und Verbesserung unterworfen, so wie sich allmälig in der Wissenschaft im Allgemeinen die Kunst der Anschauung und veranschaulichenden Beschreibung entwickelt oder wie ein Einzelner mit besonderem Talent dafür Begabter sie fortbildet. Kein Botaniker ist an solche Ausdrücke, wie *cucullus*, *calcar*, *appendix* u. s. w., gebunden, sobald ihm ein Ausdruck beifällt, der diese Formen treffender und anschaulicher bezeichnet, und nie kann daraus eine Verwirrung in der Wissenschaft entstehen. Wohl aber bringt es Verwirrung in die Wissenschaft und macht sogar wissenschaftliche Einsicht in die Natur völlig unmöglich, wenn ein Botaniker Grundformen und abgeleitete Formen, z. B. wirkliche selbstständige Blattorgane und Anhängsel derselben, mit demselben Worte bezeichnet, denn hier handelt es sich nicht um ein mehr oder weniger Gelingen der Veranschaulichung, sondern um Verwirrung der aus dem Wesen des Gegenstandes abzuleitenden Begriffe.

Für meinen Zweck war insbesondere nur anzudeuten, wie die verschiedenen abgeleiteten Erscheinungsweisen des Staubfadens mit dem Grundorgane, dem Blatte und seinen Formen, zusammenhängen und daraus nicht nur der Idee nach, denn das ist nichts für die Einsicht in die Natur Brauchbares, sondern in realer Metamorphose durch allmälig stärkere Entwickelungen dieses oder jenes Theils, dieser oder jener Partie des Zellgewebes entstehen. Insbesondere ist hier die höchst mannigfaltige Entwickelung des Mittelbandes ins Auge zu fassen, aus welcher Formen hervorgehen, die, wenn fertig, sich gar nicht auf die Grundform des modificirten Blattes zurückführen zu lassen scheinen und gleichwohl, wenn man die Entwickelungsgeschichte verfolgt, leicht davon abgeleitet werden. Als Beispiel mag hier *Celsia cretica* dienen, bei der der Staubfaden in der ganz jungen Knospe ganz regelmässig gebildet ist und aus einem Träger besteht, der nach Oben in ein schmales Mittelband übergeht, welches an beiden Rändern zwei längliche Antherenfächer trägt; allmälig dehnt sich aber das Mittelband in seinem unteren Theile, und zwar nur nach einer Seite, sehr stark aus; dadurch wird die Basis des einen Antherenfaches nach und nach von der Basis des andern entfernt und zwar so weit, dass, da die Spitzen der Antherenfächer immer in Berührung bleiben (sie fliessen hier zusammen, wovon später), bei dem völlig entwickelten Staubfaden beide Antherenfächer in einer geraden Linie liegen und es scheint, als wäre nur ein Antherenfach an einer Seite des Mittelbandes vorhanden. In ähnlicher Weise lassen sich die wunderbarsten Formen, z. B. bei Cucurbitaceen und Philhydreen, wenn man rückwärts ihre allmälige Ausbildung verfolgt, ganz leicht auf die Grundform zurückführen.

Auffallend ist, dass bei aller sonstigen Aehnlichkeit mit den Formenverhältnissen des Laubblattes keine ächte Gliederung in der Continuität des Staubfadenblattes vorkommt. *Berberis*, gewöhnlich hier als Beispiel genannt, habe ich versäumt zu untersuchen. Bei den Compositen ist nur eine ganz allmälig auftretende Verschiedenheit des Zellgewebes an bestimmten Stellen vorhanden, die, weit entfernt, einer Gelenkbildung zu entsprechen, im Gegentheil auf etwas stärkerer Verdickung der Zellenwände beruht. Bei *Mahernia* und *Vinca* ist gar keine Spur einer Gliederung. Niemals, so weit ich bis jetzt untersuchen konnte, findet eine Gliederung zwischen Anthere und Träger statt. Wohl ist letzerer da, wo er in den Staubbeutel übergeht, oft sehr dünn, leicht biegsam und leicht abzureissen; niemals aber ist hier eine Lage verschiedenartig gebildeten Zellgewebes vorhanden, welches die Continuität der Structur unterbräche; niemals trennt sich hier Staubbeutel und Träger freiwillig.

Sehr vollständig sind dagegen die Stipularbildungen entwickelt und zeigen Formen, die häufig genug verkannt sind. Am auffallendsten treten sie bei den Amarantaceen hervor. Nichts ist leichter, als bei dieser Familie die Entstehung des angeblichen Kranzes aus der Verwachsung der Nebenblätter der Staubfäden zu verfolgen; auch zeigen die ausgebildeten Formen alle möglichen Uebergänge. Die unwissenschaftliche Inconsequenz der beschreibenden Terminologie zeigt sich hier wieder auf schlagende Weise. So lange die Nebenblätter nur zum Theil verwachsen sind, heisst es *filamento trifido lobo medio antherifero*; sind sie ganz verwachsen, so heissen die zwei verwachsenen Lappen *stamina sterilia*, sind sie dann nach Innen geschlagen, dass sie einer oberflächlichen Betrachtung entgehen, wie bei *Celosia*, so heisst's auch wohl *staminodia nulla*.

§. 154.

Eine sehr wesentliche Rolle in der Natur des Staubfadens spielen die Structurverhältnisse. Der Träger, wenn er vorhanden ist, und seine Anhänge haben fast immer den Bau der Blumenblätter, bestehend aus einem zarten Zellgewebe, oft mit gefärbten, noch öfter mit farblosen Säften und dann mit grossen, lufterfüllten Intercellularräumen, weshalb sie schneeweiss erscheinen. Ebenso verhalten sich die Anhängsel der Träger und des Mittelbandes. Gewöhnlich durchzieht Träger und

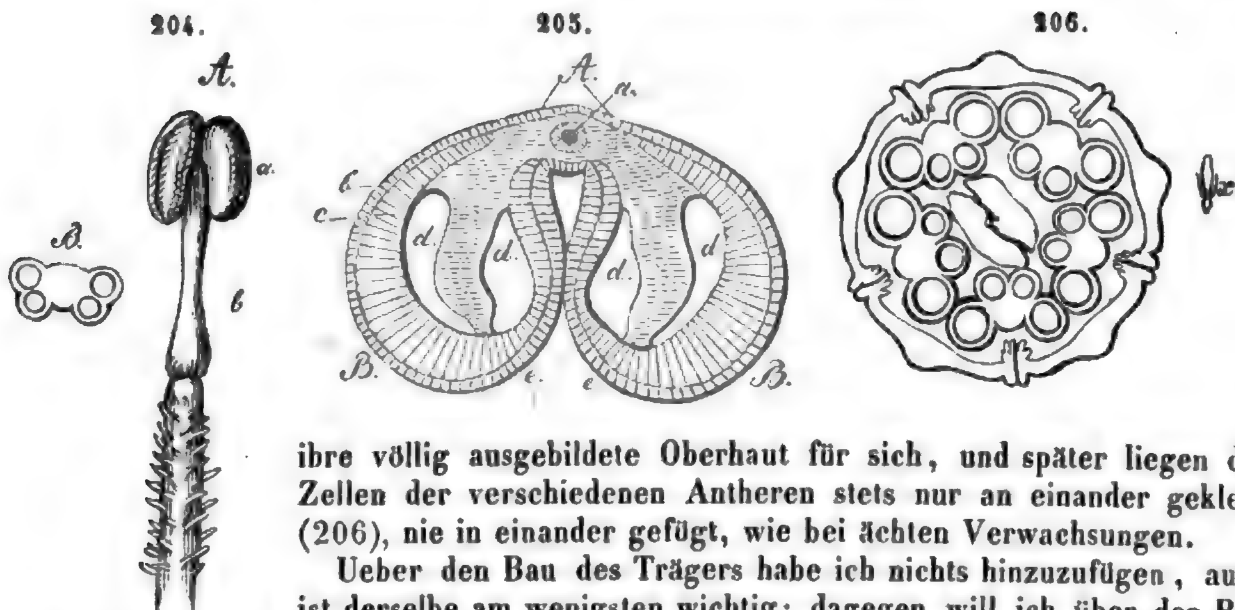
Mittelband ein einfaches Gefässbündel, dem aber nicht selten, z. B. bei den Amarantaceen, die Gefässe fehlen. Ausser bei den gelappten oder gefiederten Staubfäden, bei denen jedem Lappen ein Gefässbündel zukommt, sind die Gefässbündel nie verästelt. Die Oberhaut ist hier ebenfalls, wie bei den Blumenblättern, eine Mittelbildung zwischen Epidermis und Epithelium, zeigt auch noch, obwohl selten, Spaltöffnungen, häufig zierliche, zum Theil schön gefärbte Haare. Bei den Apocyneen zeichnet sich ein Haarbüschel unterhalb des Staubbeutels auf der obern Fläche des Trägers aus, in welchem eine Menge eines viscinähnlichen Stoffes ausgesondert wird, so dass durch diesen Haarbüschel die Staubfäden fest an dem grossen Narbenkörper ankleben und so die Selbstbefruchtung unmöglich machen, da die zur Aufnahme des Pollens bestimmte Fläche sich unterhalb der Stelle befindet, wo Staubfäden und Narbenkörper verbunden sind. Auch an den Antheren kommt zuweilen eine Bildung einer solchen viscinartigen Substanz vor, wodurch, z. B. bei den Compositen, die Antheren unter einander zusammenkleben (hier vielleicht aus der Auflösung der Absonderungsschicht der Oberhaut an dieser Stelle entstanden), oder die Antheren an den Stigmakörper sich anheften, z. B. bei einigen Apocyneen.

Auch die Ausbildung der Oberhaut zu Nectar absondernden Flächen ist hier häufig, besonders an den Anhängseln, im Grunde der hohlen Formen, an der Spitze der Nebenblätter der Laurineen u. s. w.

Bei weitem wichtiger ist aber der Bau des Staubbeutels. Anfänglich besteht dieser aus ganz gleichförmigem, zartwandigen Zellgewebe; aber bald, nachdem sich äusserlich das Antherenfach als eine beginnende Anschwellung charakterisirt, unterscheidet man auch im Innern zweierlei Zellgewebe, nämlich das, welches für die Wandung des Faches und das, welches für die Bildung der Mutterzellen und des Pollens bestimmt ist. Zwischen beiden ist noch eine dünne Lage von Zellen, die gegen die Zeit der völligen Ausbildung des Pollens aufgelöst und resorbirt wird, um dem Pollen den nöthigen freien Platz zu gewähren. In allen drei Schichten findet bis zur Vollendung des Ganzen Bildung von Zellen in Zellen statt, wodurch das Volumen vergrössert, die Form des Staubfadens, der als Blatt in dessen gesetzmässiger Weise von der Axe aus gebildet wurde, aber nicht verändert wird. Die äussere Schicht Zellgewebe, anfänglich mit einer Epitheliallage überkleidet, bildet diese zu einer nicht selten mit Spaltöffnungen versehenen Mittelform von Epidermis und Epithelium um. Haargebilde kommen oft am Mittelbande, seltener auf den Fächern vor. Zuweilen ist die Oberhaut, zumal in der Nähe der Randfurche, derber zu einem etwas auf die Fläche senkrecht gestreckten Zellgewebe entwickelt und bildet so vorspringende Leisten (z. B. bei *Gladiolus*, *Cassia*, *Passiflora*). Mit alleiniger (?) Ausnahme der unter Wasser blühenden Pflanzen finden sich in allen Antheren eine oder mehrere Lagen von Faserzellen, aber in verschiedener Anordnung. Gewöhnlich sind nur eine oder zwei Zellenlagen, welche unter der Oberhaut die Substanz der Wände der Fächer bilden, in dieser Weise entwickelt; seltener nur die Oberhaut, oder das ganze Parenchym der Anthere, mit Ausnahme der Oberhaut und des Gefässbündels im Mittelbande.

Zur Veranschaulichung des im Paragraphen Gesagten theile ich hier die Ansicht des Staubfadens von *Euphorbia* (204, *A*) nebst dem Querschnitt des Staubbeutels (204, *B*), so wie einen Querschnitt des Staubbeutels von *Neottia picta* (205) mit.

Die Verbindung der Staubbeutel bei den Compositen wird gewöhnlich sehr mit Unrecht eine Verwachsung genannt. In früheren Zuständen hat aber noch jede Anthere



ihre völlig ausgebildete Oberhaut für sich, und später liegen die Zellen der verschiedenen Antheren stets nur an einander geklebt (206), nie in einander gefügt, wie bei ächten Verwachsungen.

Ueber den Bau des Trägers habe ich nichts hinzuzufügen, auch ist derselbe am wenigsten wichtig; dagegen will ich über den Bau der Anthere hier noch Folgendes bemerken, womit ich die dritte Kupfertafel nebst der Erklärung zu vergleichen bitte. Bei der am häufigsten vorkommenden Form der Anthere markiren sich sehr früh zwei einfache, senkrechte Zellenreihen in jedem Fache, aus dem sich der Pollen entwickelt; alles übrige Zellgewebe der Anthere kann man in drei Gruppen theilen: 1. das des Mittelbandes und der Scheidewände zwischen vorderen und hinteren Fächern; 2. das die äusseren Wandungen der Fächer bildende Zellgewebe, und 3. das die Fächer auskleidende, später verschwindende, meist radial gestreckte Zellgewebe. Von diesem Zellgewebe wachsen nur die beiden letzten Theile (2 und 3) durch selbstständigen Zellenbildungsprocess fort, nachdem das Staubfadenblatt von der Axe aus angelegt ist. Das Zellgewebe des Mittelbandes (1), einmal angelegt, vermehrt sich nicht weiter, sondern dehnt nur die vorhandenen Zellen aus und verändert sie auf mannigfache Weise. Sehr verschieden ist aber die Vertheilung der in der Anthere ursprünglich angelegten Zellen unter diese drei Gruppen, indem bald der grösste (z. B. *Berberis vulgaris*), bald der kleinste Theil (z. B. *Tropaeolum minus*) der vorhandenen Zellen zur Bildung des Mittelbandes (1) benutzt wird. Demnach zeigen auch die Fächer sehr verschiedene Formen, entweder als vier cylindrische Höhlen (z. B. bei *Tropaeolum minus* und *Sparganium simplex*), oder als vier kaum gebogene, ganz flache Höhlen, wie bei *Berberis*, oder, was gar häufig ist, als etwas weniger flache, aber von den Seiten stark zusammengebogene Höhlen. Im letztern Falle tritt nämlich die Scheidewand oft sehr weit, wie eine Leiste, in die Höhle hinein, auffallend bei *Canna* und vielen andern Scitamineen, z. B. *Costus*, *Calathea*, bei fast allen Solaneen u. s. w., weniger bei *Cerbera Thevetia*, unbedeutend bei *Gentiana lutea*. Die gewöhnliche Rede, diese Vorsprünge seien Anfänge zur Bildung

204. *Euphorbia Lathyris*. *A* Männliche Blüthe. *a* Staubbeutel aus zwei Hälften (*thecae*) bestehend, die nach unten aus einander weichend das Mittelband frei lassen. *b* Träger. *c* Blüthenstiel. *B* Querschnitt durch den Staubbeutel; an jeder Seite des dicken Mittelbandes befinden sich zwei durch eine Scheidewand getrennte Fächer.

205. *Neottia picta*. Querschnitt durch einen ungeöffneten Staubbeutel. *A* Mittelband. *B* Antherenhälften (*thecae*). *a* Gefässbündel des Mittelbandes. *b* Oberhaut. *c* Aus Spiralfaserzellen gebildete Wandungen der vier Fächer (*d*), die je 2 und 2 durch das Zellgewebe der Scheidewand (*septum*) getrennt sind. *e* Stelle, wo die Scheidewand von den Wandungen und diese letzteren von einander abreissen, und so die Fächer öffnen.

206. *Actinomeris alternifolia*. Querschnitt durch eine Blüthenknospe (*x* in natürlicher Grösse), die fünfklappig an einander liegenden Zipfel der Blumenkrone umschliessen fünf mit ihnen abwechselnde Staubfäden, deren hier querdurchschnittene Staubbeutel nur mit den hintern Fächern jeder Seite sich berühren und zusammengeklebt sind. Innerhalb derselben zeigen sich die beiden Narben im Querschnitt.

neuer Scheidewände, involvirt die falsche Vorstellung, als bildeten sich überhaupt die Scheidewände vom Mittelband aus in die Fächer hinein; sie sind aber vielmehr früher da, als die Fächer und nur das stehenbleibende, zur Pollenbildung nicht verwendete Parenchym. Ebenso sagt man gewöhnlich mit ganz falscher Auffassung des natürlichen Verhältnisses, die Fächer seien an das Mittelband angewachsen. In dem transitorischen Zellgewebe (3) sind die neu entstehenden Zellen sowohl radial, als tangential angeordnet, in dem Zellgewebe der Wandungen (2) dagegen stets nur tangential; dadurch werden die Wandungen der Fläche nach ausgedehnt und die Fächer schwellen an und erhalten eine immer grössere Capacität, wie es die allmälige Ausbildung des Pollen erfordert. Hierdurch geschieht es auch, dass die Rille, die bei der Anlage der Anthere in der That der Blattrand ist, später oft der Boden einer tiefern Furche wird, da sie als der Rand der Scheidewände jener Ausdehnung nicht folgen kann.

Gegen das Ende der Antherenentwickelung geht bei den über Wasser blühenden Pflanzen ein Theil des Zellgewebes in Faser- oder poröse Zellen über (205, *d* auf S. 469). Welche Zellen und wie viele, ist hier äusserst verschieden; zuweilen ist es die allein von den äussern Wandungen noch vorhandene Oberhaut, wie bei *Lupinus*, gewöhnlich aber bleibt diese unverändert, und eine (z. B. Compositen) oder mehrere Schichten (viele Liliaceen) unter der Oberhaut der äusseren Wandungen werden Spiralfaserzellen, gewöhnlich die ganze Ausdehnung der äusseren Wandung der Anthere einnehmend, zuweilen kaum die Hälfte derselben zu beiden Seiten der Furche. Zuweilen zieht sich diese Spiralfaserschicht unter der Oberhaut über die vordere Fläche des Mittelbandes weg (z. B. *Pachysandra procumbens*), oder über die hintere Fläche (z. B. *Hyoscyamus orientalis*), oder über beide (z. B. *Gentiana lutea*, *Erythraea*). Zuweilen umgiebt eine solche Schicht jedes Fach von allen Seiten (z. B. *Strelitzia farinosa* und *Hippuris vulgaris*), entweder die Scheidewand frei lassend, oder sie allein bildend, zuweilen zieht sich eine Schicht um je zwei an einer Seite liegende Fächer, bei unveränderter Scheidewand (z. B. *Calathea flavescens*), oder macht einen Bogen in dieselbe hinein, ohne dass diese ganz verändert würde (z. B. *Costus speciosus*); selten endlich wird alles Zellgewebe bis auf das Gefässbündel des Mittelbandes zu Spiralfasergewebe. Aus dieser von *Purkinje** unbeachtet gelassenen Mannigfaltigkeit ergiebt sich gleich die völlige Unanwendbarkeit der von ihm vorgeschlagenen Bezeichnungen, *Exothecium* für die Oberhaut, *Endothecium* für die Spiralfaserschicht. Bei den kleinen Fächern von *Cycas revoluta* bestehen die Wandungen ganz aus einem dickwandigen porösen Zellgewebe. Bei den Compositen ist das Mittelband aus zierlich porösen Zellen gebildet, ebenso bei den meisten der kammförmige Anhang der Staubbeutel (z. B. bei den Centaureen).

Die Bildung des Pollens geschieht in folgender Weise. Im Innern jedes angelegten Antherenfaches tritt in einer einfachen Zellenreihe ein Bildungsprocess auf, durch welchen sich allmälig (bei der gewöhnlichen Form der Anthere) ein cylindrischer Strang von mehr oder weniger Zellen, den Mutterzellen, bildet. In jeder Mutterzelle theilt sich der granulös schleimige Inhalt gleichzeitig mit Erscheinung eines Cytoblasten in vier Portionen, die sich plötzlich mit vier Zellenmembranen umkleiden, oder es entstehen auf dieselbe Weise erst zwei und in jeder derselben wieder zwei Zellen. Dieses sind die vier in der Mutterzelle eingeschlossenen Specialmutterzellen. Mutterzelle und Specialmutterzellen werden nun durch Ablagerung gallertartiger Schichten auf ihre innere Fläche stark verdickt und gleichzeitig bildet sich in jeder Specialmutterzelle eine einfache Zelle, die Pollenzelle. Diese sondert, mit Ausnahme der unter Wasser blühenden Pflanzen, auf ihrer Oberfläche in eigen-

* *De cellulis antherarum fibrosis.* Breslau.

thümlichen, zum Theil wunderbaren Formen, die äussere Pollenhaut in einer oder mehreren Schichten ab. Während dieser letzten Ausbildung des Pollens werden die Mutterzellen und demnächst auch die Specialmutterzellen aufgelöst und resorbirt. Bei vielen Monocotyledonen, besonders Liliaceen, ist das Auflösungsproduct der Mutterzellen eine heller oder dunkler gelbe, etwas klebrige (ölartige [?]) Flüssigkeit, die sich an die äussere Pollenhaut anhängt. Bei den Onagreen scheint sich in den Mutterzellen oder Specialmutterzellen (ähnlich wie bei *Equisetum*) eine spiralige Verdickungsschicht zu bilden, die nicht mit aufgelöst wird, sondern in langen Fäden den entwickelten Pollenkörnern anklebt. Ein Theil des Auflösungsproducts ist oft viscinartig und klebt die vier einer Mutterzelle angehörigen Pollenkörner fest zusammen (*pollen quaternarium*), zuweilen nur zwei (bei *Podostemon*), zuweilen mehr Körner (bei einigen Acacien, z. B. *A. lophanta*). Bei den Orchideen wird das ganze Auflösungsproduct der Mutterzellen und Specialmutterzellen viscinartig und klebt die gesammten Pollenkörner zu einer Masse zusammen, und ist zwischen ihnen leicht als eine zähe, fadenziehende Substanz zu erkennen. Bei Asclepiadeen endlich scheinen nur die Mutterzellen und zwar schon sehr früh resorbirt zu werden, die Specialmutterzellen dagegen werden gar nicht resorbirt, sondern kleben fest an einander und bilden so aus dem gesammten Pollen eines Faches einen kleinen zelligen Körper, der mit einer eigenen Oberhaut überkleidet erscheint, da in der äussersten Lage von Specialmutterzellen im ganzen Umfange sich keine Pollenkörner entwickeln. Wahrscheinlich ist in allen Zellen, von den Mutterzellen bis zum Pollenkorne (im letztern im jugendlichen Zustande ganz gewiss), eine in kleine Strömchen netzartig vertheilte Circulation des Saftes vorhanden.

Ich habe die Entwickelungsgeschichte des Pollens hier im Wesentlichen übereinstimmend mit den ausgezeichneten Untersuchungen von *Nägeli** gegeben, denen ich aus eigenen Mitteln nichts Vollständigeres entgegensetzen kann. Man vergleiche hiermit die dritte Kupfertafel nebst Erklärung. Keineswegs aber glaube ich, dass damit die Acten schon geschlossen seien, und kann einige Bedenken, die ich gegen die Auffassung der Zellenbildung habe, nicht verhehlen. Zwei Schwierigkeiten sind es, die wohl nirgend so hemmend der Vollendung der Untersuchung in den Weg treten, als hier, nämlich einmal die Erlangung der vollständigen Entwickelungsstufen und zweitens die richtige Anordnung nach ihrer Folge. Folgende Punkte will ich hier gegen *Nägeli* bemerken. Zuerst muss ich erwähnen, dass ich sowohl bei den Mutterzellen und Specialmutterzellen (z. B. bei *Pepo*, *Passiflora princeps*, *Arum maculatum*), als auch bei der jungen Pollenzelle (z. B. *Lupinus*, *Larix*, *Pinus alba*, *Juniperus*, *Richardia aethiopica*, *Arum maculatum*, *Fritillaria imperialis*) mich völlig überzeugt zu haben glaube, dass der Cytoblast (zuweilen selbst noch an den Pollenzellen, die schon einen Schlauch in die Kernwarze der Saamenknospe getrieben hatten) deutlich und zwar als parietaler zu erkennen ist. Bei *Fritillaria* sind zwei Arten Cytoblasten leicht zu unterscheiden, der, welcher der Pollenzelle ihre Entstehung gab und in der Wand eingebettet liegt (Kupfertafel Fig. 8), und die, welche sich später in der Pollenzelle bilden und hier, wie überhaupt nicht selten im Pollenkorn, einen transitorischen Zellenbildungsprocess veranlassen**. Ein zweiter Punkt, der mir von Wichtigkeit scheint, ist der, dass ich sehr häufig zwischen dem Zustande der leeren Mutterzelle und der regelmässigen Theilung derselben durch zwei oder vier Specialmutterzellen einen Zustand beobachtete, wo zwischen dem granulösen Inhalt der Mutterzelle frei schwimmende Cytoblasten vorkommen (z. B. bei *Passiflora*

---

* Zur Entwickelungsgeschichte des Pollens bei den Phanerogamen. Zürich 1842.

** *Nägeli*, a. a. O., Seite 20, 21. *Meyen*, Physiologie, Bd. III. Seite 186.

princeps), oder diese und ganz zarte junge Zellen mit Cytoblasten in der Wand (z. B. bei *Passiflora princeps*, *Pepo* und *Rhipsalis salicornioides*). Bei der letzten Pflanze beobachtete ich ziemlich vollständig alle Uebergangsstufen von freien Cytoblasten bis zur vollständigen Ausbildung der Specialmutterzellen (oder Pollenzellen?), bei andern Pflanzen ist's mir bis jetzt nicht gelungen. Endlich will ich noch erwähnen, dass mir die ganze Annahme der Specialmutterzellen noch bedenklich erscheint. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass in einem der Reife nahen Zustande jede Pollenzelle von einer ziemlich dicken, gallertartigen Membran umschlossen ist, und dass so je vier in einer ebenfalls gallertartig verdickten Mutterzelle liegen, die als solche durch ihre Entstehung sich vollkommen ausweist. Sowohl von der Mutterzelle und von einander, als auch vom eingeschlossenen Pollenkorn lassen sich die sogenannten Specialmutterzellen um diese Zeit nicht sehr schwer trennen. Aber ihre Entstehung könnte auch wohl eine andere sein. Mir scheint Folgendes eben so wahrscheinlich. In der Mutterzelle bilden sich völlig gesetzmässig vier Pollenzellen; während sich diese ausdehnen, löst sich allmälig der körnige Inhalt der Mutterzelle zu Gallerte auf, in welcher die Pollenzellen dann eingebettet liegen. Durch den Druck der sich ausdehnenden Pollenzellen verdichtet sich um jede derselben ein Theil der Gallerte zur Membran, und das sind die sogenannten Specialmutterzellen. Wo dagegen sich die Mutterzelle zuerst in zwei Zellen theilt, da bilden sich in der That zwei Specialmutterzellen, aber auf dieselbe Weise, wie ich es eben von den Pollenzellen angegeben, und in jeder dieser Specialmutterzellen bilden sich dann je zwei Pollenzellen auf dieselbe Weise. Dazu würde stimmen, dass entschieden auch ein *pollen binarium* vorkommt, z. B. bei den Podostemeen, was auf eine engere Beziehung von zwei Pollenzellen deutet. Nur fortgesetzte sorgfältige Untersuchungen können entscheiden, ob *Nägeli's* vortreffliche Beobachtungen, so wie er sie gegeben, als vollständig aufzufassen, oder, nach meiner mitgetheilten Hypothese, mit andern Zellenbildungsprocessen in Einklang zu bringen sind.

Dem übrigen, im Paragraphen Erwähnten habe ich nichts hinzuzufügen, als dass ich *Nägeli's* Beobachtungen über die Folge, in welcher die Mutterzelle und die Specialmutterzellen aufgelöst werden, so wie über die äusseren Pollenhäute als Absonderungsprodukte der Pollenzelle vielfach bestätigt gefunden habe.

Das ausgebildete Pollenkorn besteht, wie gesagt, aus der wesentlichen Pollenzelle, die bei den über Wasser blühenden Pflanzen noch mit der eigenthümlichen Absonderungsschicht überzogen ist. Diese bildet stets, unmittelbar der Pollenzelle aufliegend, eine gleichförmige Membran, nicht selten in doppelter Schicht, auf der gewöhnlich allerlei sonstige Vorsprünge (die ersten Producte der Absonderung) aufgesetzt sind. Am häufigsten sind dies kleine leistenartige Vorsprünge, die, unter einander netzförmig zusammenhängend, oft der äusseren Haut täuschend den Anschein geben, als sei sie aus Zellen zusammengesetzt, was sie, wie die Entwickelungsgeschichte zeigt, niemals ist. Die Räume zwischen den Maschen dieses Netzes sind oft zum Theil mit einer wasserhellen Gallerte erfüllt (z. B. bei *Iris*, *Passiflora* u. s. w.). Zuweilen bilden diese netzförmig verbundenen Leisten ganz bestimmt begrenzte Felder, die in der mannigfachsten Form und Anordnung den Pollenkörnern oft das zierlichste Ansehen geben, so insbesondere bei den Passifloren. Sehr häufig sind diese Vorsprünge kleine Stacheln, Kegel, Warzen, Bogen, kleine thurmähnliche Bildungen, und dieselben sind entweder auf der Oberfläche zerstreut, oder auch sehr regelmässig angeordnet (z. B. am zierlichsten bei vielen Compositis, *Scorzonera*, *Tragopogon* u. s. w.). Die Substanz dieser Absonderungsschicht ist gewöhnlich gelblich, seltener grünlich, bläulich oder röthlich, und wird durch concentrirte Schwefelsäure nur sehr langsam (nach 1—2 Tagen) zerstört und häufig durch deren Einwirkung burgunderroth gefärbt.

An allen (?) Pollenkörnern zeigt die äussere Pollenhaut gewisse Stellen entweder spaltenartig, oder in scharf gezeichneten Kreisen, wo sie entweder ganz fehlt, oder doch so dünn ist, dass sie sich dem Auge entzieht. Die Zahl und Anordnung dieser Stellen ist sehr verschieden; so haben die meisten monocotyledonen Pollenkörner nur eine Längsspalte (z. B. *Lilium*), einige Dicotyledonen sehr viele (z. B. *Polygala*); die meisten dicotyledonen Pollenkörner haben drei im Aequator gleichförmig vertheilte (z. B. *Centaurea*), oder vier nach den Ecken des Tetraeders gestellte Kreise, oder eine grosse Anzahl derselben (z. B. *Polemonium coeruleum*, *Ipomaea purpurea*). Zuweilen sind diese Löcher nicht frei, sondern von einem deckelartigen Stück der Absonderungsschicht bedeckt, welches aber von der übrigen Haut ganz getrennt ist (z. B. bei *Pepo*).

Der Inhalt der Pollenzelle ist bei ihrer ersten Entstehung fast ganz granulös mit einer geringen Menge von Flüssigkeit, nach und nach lösen sich die Körner grösstentheils auf, der Inhalt wird wässeriger und fast klar, die zurückgebliebenen Körner charakterisiren sich als Schleimkügelchen. Gegen die Reife der Pollenkörner vermehren sie sich und es treten zuweilen noch andere Körnchen einer unbestimmten, von Jod gelb gefärbten Substanz (*Inulin?*) und zarte Oeltröpfchen auf, und sehr gewöhnlich auch Stärkemehlkügelchen in grösserer oder geringerer Menge, zuweilen in eigenthümlicher Form (z. B. bei den Onagreen), aber immer in derselben Pollenzelle von verschiedener Grösse. Dabei wird die Flüssigkeit immer concentrirter und verliert an Wasser, und erhält eine ausserordentliche endosmotische Kraft, selbst gegen Säuren, durch deren Anwendung sie anschwillt, so dass sie die Pollenzelle sprengt und, austretend, darmförmig coagulirt. Das gegen das Ende seiner Ausbildung straff ausgedehnte Pollenkorn zieht sich daher wegen des Wasserverlustes bei völliger Reife etwas zusammen und bildet gewöhnlich in der Richtung der Spalten oder Löcher bedeutende Einfaltungen, die sich bei Einwirkung von Wasser wieder ausgleichen. Die Bewegung des Inhalts in netzförmig verbundenen Strömchen hat bei allen reifen Pollenkörnern aufgehört (mit alleiniger, bis jetzt bekannter Ausnahme in den lang-cylindrischen Pollenkörnern von *Zostera marina*), dagegen zeigen die verschiedenen Körnchen des Inhalts oft schon in der Pollenzelle, stets aber nach dem Austreten, auch bei dem Pollen aus alten Herbarienexemplaren und nach der Einwirkung der Jodtinctur, lebhafte Molecularbewegung.

Ueber das Verhalten der äusseren Pollenhaut im ausgebildeten Zustande haben wir ein Muster sorgfältiger und treuer Untersuchung von *Fritsche** erhalten, auf den ich wegen der Specialitäten hier verweisen muss. Er unterscheidet bei einigen Pflanzen an der äussern Haut der Pollenkörner sogar drei Schichten. Seine Terminologie glaube ich nicht annehmen zu müssen, weil sie, nach den neueren Untersuchungen, nicht richtig gebildet ist. Es stehen sich hier stets Pollenzelle und Absonderungsschicht gegenüber; diese letztere mag nun einfach oder in drei Lagen zu trennen sein, so ist sie doch stets nur als Ganzes der Pollenzelle gegenüberzustellen, die einzelnen Lagen aber bezeichnet man besser, wo sie vorhanden sind, als erste, zweite und dritte Schicht. Dass die äussere Pollenhaut niemals aus Zellen besteht, versteht sich, nachdem ihre Entstehungsweise erkannt worden, von selbst. *Meyen* hatte aber auch schon ohnedies die allerdings leicht mögliche Täuschung berichtigt.

Die Lehre von den vegetabilischen Spermatozoen wird hoffentlich nun allmälig verhallen. Man muss sich ganz blind in alte Vorurtheile festgerannt haben, wenn man

* Ueber den Pollen. Petersburg 1837.

nach den Untersuchungen von *Mohl* auch nur noch die entfernteste Analogie zwischen den Antheridien und Antheren festhalten will. Dass man die Repräsentanten jener bei den Phanerogamen an ganz anderer Stelle zu suchen habe, ist von mir früher schon angeführt. Die für Spermatozoen angesprochnen Körnchen (meist Stärke) haben aber wohl in *Fritsche's* Jodtinktur ihr Leben eingebüsst, weil sie ihre offenbar rein physikalische Molecularbewegung ungestört fortsetzen. Es scheint mir völlig überflüssig, auf diesen Punkt hier noch weiter einzugehen; *Meyen* * giebt die vollständige Literatur, die nur noch historischen Werth hat. *Fritsche* ** hat die Sache völlig beseitigt, und jeder unbefangene Beobachter kann sich mit Leichtigkeit von der völligen Unhaltbarkeit der früheren, insbesondere von *Meyen* weiter ausgesponnenen Wunderlichkeiten überzeugen. Sehr dankenswerth sind auch über diesen Punkt die bestätigenden Beobachtungen von *Nägeli* ***.

Wachs kommt, so weit mir bekannt, niemals in angebbarer Menge im Pollen vor. Die sogenannten Wachshöschen der Bienen bestehen aus unveränderten Pollenkörnern und dienen zur Bereitung des sogenannten Bienenbrots für die Maden. Das Wachs dagegen bereiten die Bienen im Magen aus Zuckerstoffen und schwitzen dasselbe in Gestalt kleiner Schüppchen an den Fugen der Bauchringe aus.

Auf irgend eine Weise öffnen sich die Fächer aller Staubbeutel zu einer bestimmten Zeit, um den Pollen auszustreuen, gerade wie die Sporocarpien der Kryptogamen. Die Art und Weise ist aber sehr verschieden. Die zu zwei oder vier vereinigten kleinen eiförmig-kapselartigen Antherenfächer der Cycadeen reissen mit Längsspalten auf, die von *Juniperus*, *Taxus* und Verwandten ganz wie die Sporocarpien von *Equisetum*. Von den meisten exotischen Coniferen kenne ich das Aufspringen der Antheren nicht. Bei der einheimischen *Abies* (*Pinus* und *Larix?*) und bei allen Asclepiadeen bildet sich an jeder Seite des Mittelbandes nur ein Fach, beide öffnen sich, indem die Wandung in der Mittellinie vom Mittelbande abreisst, also eigentlich mit zwei Längsspalten eine für jedes Fach. Die dadurch frei werdende und austrocknend sich elastisch zurückschlagende, äussere Wandung des Faches nennt man nun Antherenklappe (*valvula*), und weil nur zwei Klappen zu unterscheiden sind, spricht man nur von einer Längsspalte (*anthera rima longitudinali unica dehiscens*). Bei vielen Caladieen, bei *Ceratophyllum* und andern bildet sich zur Zeit der Pollenreife aus dem Scheitel der Anthere durch Absterben und Zerstörung des Zellgewebes (?) ein Canal, durch welchen der Pollen austritt (*anthera poro dehiscens*). Bei fast allen übrigen Mono- und Dicotyledonen ist die Grundlage der Bildung die Entstehung von je zwei Fächern an jeder Seite des Mittelbandes; dieses bildet hier die Scheidewand zwischen beiden Hälften der An-

---

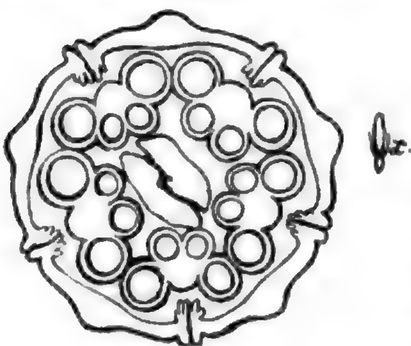
* Physiologie, Bd. III. S. 178—196.

** A. a. O. Seite 24.

*** Eine wunderliche Polemik gegen mich hat *Gottsche* (über *Haplomitrium Hookeri Acta A. L. C. N. C. XX.*, *I.*, 304), indem er das, was ich über den Inhalt der phanerogamen Pollenkörner sage, auf den Inhalt der kryptogamischen Antheridien bezieht, und zwar deshalb, weil er das Vorurtheil nicht besiegen kann, dass Anthere der Phanerogamen und Antheridie der Kryptogamen dasselbe Organ seien. Verführt wird er hier nur durch das Wort Anthere und es mag gerade diese verfehlte Polemik ihm beispielsweise zeigen, wie Unrecht er hat, S. 297 zu sagen, dass er durch den Ausdruck Antheridium nicht mehr oder weniger wüsste, als durch den Ausdruck Anthere. Allerdings weiss man mehr dadurch; das verschiedene Wort sagt uns, dass wir es auch mit sehr verschiedenen Dingen zu thun haben und nicht Sachen durch einander werfen dürfen, die nicht zusammen gehören. — Die ganze Polemik war um so seltsamer, da ich selbst zur Kenntniss der Spiralfäden in den Antheridien der Laub- und Lebermoose und ihrer Bewegungen wenigstens extensiv lange vor *Gottsche* einige Beiträge geliefert hatte.

there; eine von ihr zu beiden Seiten ausgehende Zellgewebslamelle trennt jede der beiden Hälften in ein vorderes und hinteres Fach. Selten (wie bei *Viscum*) bilden Querlamellen auch noch horizontale Scheidewände. Bei den Piperaceen, Malvaceen, den Solaneen, Cucurbitaceen und vielleicht noch einigen andern Familien fliessen die zwei vordern und hintern Fächer oben auf dem Scheidel der Anthere zusammen; werden nun durch starke Ausdehnung des Mittelbandes an der Basis die beiden Hälften der Anthere allmälig in eine gerade oder fast gerade Linie gerückt (wie namentlich bei *Peperomia*), so hat man ebenfalls eine, obwohl nur scheinbar, zweifächerige Anthere, wovon der bei Scitamineen häufige Fall, dass sich nur an einer Seite des Mittelbandes zwei Fächer bilden (die *anthera dimidiata*), wohl zu unterscheiden ist. Man nennt hier überall den Theil der Wandung zwischen dem Mittelbande und der Scheidewand ebenfalls Klappe. Die meisten Verschiedenheiten, die gewöhnlich bei den Antheren gegeben werden, beruhen nun, nächst den Verschiebungen der Fächer durch verschiedene Ausdehnung des Mittelbandes, auf der Art und Weise und der Zeit der Ablösung der Klappen. Gewöhnlich bleiben sie am Mittelband befestigt und reissen, unter sich noch zusammenhängend, von der Scheidewand ab, die dann zum Theil oder ganz zerstört wird (*anthera bilocularis* der beschreibenden Botanik); seltener geschieht dieses Ablösen erst spät und sie trennen sich fast gleichzeitig von einander [z. B. *Tethrateca*] (*anthera quadrilocularis*). Die Trennung der *valvulae* von einander beginnt gewöhnlich von Oben. Beschränkt sie sich dabei auf ein kleines Stück ihrer Länge, wie bei vielen Gräsern und den Ericeen, so nennt man es *anthera poro* (*spurio*) *dehiscens;* geht die Trennung der ganzen Länge nach vor sich, so heisst der Staubbeutel *utrinque rima longitudinali dehiscens.* Sehr selten trennen sich die Valveln, ringsum unter sich zusammenhängend nur auf der vordern Seite von dem Mittelband (*anthera unilocularis* der beschreibenden Botanik); dies charakterisirt die Familie der Epacrideen. Sehr abweichend ist die Bildung bei zwei weit aus einander stehenden Familien, den Berberideen und Laurineen. Bei beiden lösen sich die Klappen im ganzen Umfange, mit Ausnahme einer kleinen Stelle am Scheitel der Fächer, ab und schlagen sich von Unten nach Oben zurück (*anthera valvulis dehiscens*). Bei den Laurineen kommt hier noch das Eigene hinzu, dass von den vier angelegten Fächern die beiden hintern entweder ganz verkümmern, oder die Fächer durch ungleiche Ausdehnung des Mittelbandes so verschoben werden, dass sie zuletzt, statt neben den vorderen, über ihnen liegen.

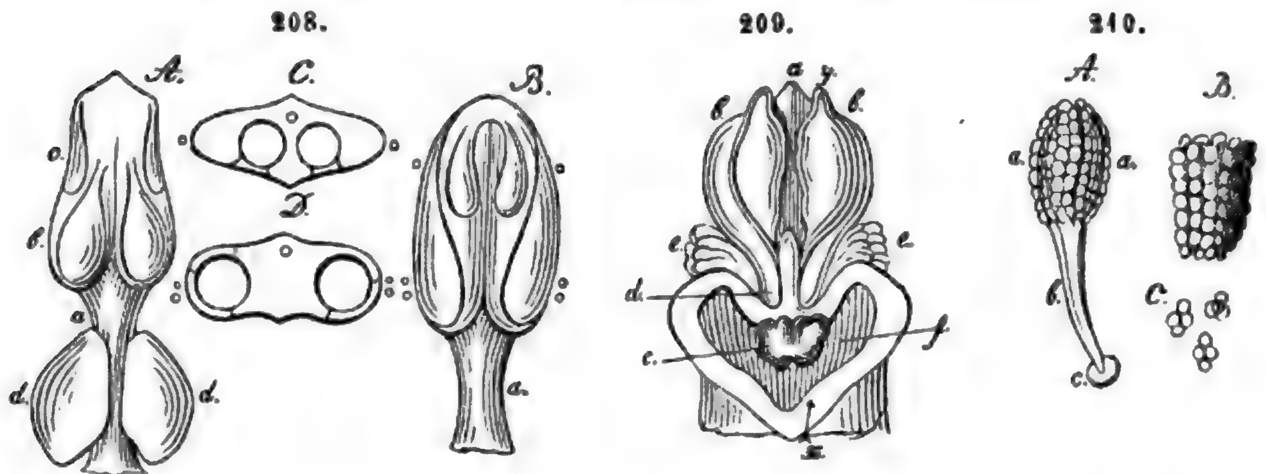
207.



Es ist wahrlich ein Zeichen des traurigen Geistes, der in unserer Wissenschaft herrscht, dass man selbst in der oberflächlichen Kenntniss des Baues des wichtigsten Organs, der Anthere, noch nicht einmal im Reinen ist. Es ist in der That um nichts besser, als wenn die Zoologen noch darum stritten, ob das menschliche Herz vier Kammern hat oder nur eine, und wie wenig Geschick gehört dazu, eine Anthere aus einer etwas jungen Knospe quer durchzuschneiden. Bei den Compositen (207) sind vierfächerige Antheren, die mit den Klappen der hinteren Fächer zusammenkleben und ganz gewöhnlich an jeder

207. *Actinomeris alternifolia.* Querschnitt durch eine Blüthenknospe (*x* in nat. Grösse), die fünfklappig an einander liegenden Zipfel der Blumenkrone umschliessen fünf mit ihnen abwechselnde Staubfäden, deren hier querdurchschnittene Staubbeutel nur mit den hintern Fächern jeder Seite sich berühren und zusammengeklebt sind. Innerhalb derselben zeigen sich die beiden Staubwegarme im Querschnitt.

Seite mit einer Längsspalte aufspringen. Fast jedes Rasenfleckchen bietet in *Bellis perennis* zur Untersuchung dieses Verhältnisses das Material; bei Zinnien, Sonnenblumen u. s. w. bedarf man sogar nur einer mässigen Loupe, um die Sache leicht zu erkennen, und über ein so einfaches Ding sagt *Link**: »Im Anfange sind die Antheren geschlossen und stellen eine fünf- (statt zwanzig-) fächerige Röhre vor, dann gehen aber die inneren Ränder (welche sind das?) aus einander und die Röhre wird einfächerig.« Ich glaube es ist unmöglich, eine der Natur mehr widersprechende Ansicht zu finden und sie verworrener darzustellen. Die Antheren der meisten Pflanzen, wie gesagt, sind ursprünglich vierfächerig, und zwar nicht wegen der eingebogenen Ränder der Klappen, wie es gewöhnlich heisst, sondern weil sich vier Zellgewebsstränge für die Bildung des Pollens absondern. Von dieser Regel weichen namentlich die Oenotheren nicht ab, denen *Link*** von Anfang an zweifächerige Antheren zuschreibt. Eben so wenig sind die Antheren bei den Malvaceen an jeder Seite einfächerig; sondern zweifächerig. Aber noch viel weniger sind die Antheren der Balsamineen ganz und gar einfächerig, wie *Link**** sagt, sondern vollkommen vierfächerig. Von *Canna* sagt *Link*****, die Anthere scheine aus einer zweifächerigen Anthere zusammengezogen, denn die Naht sei vielfach. Was *Link* mit dem letzten Worte sagen will, verstehe ich nicht. Bei *Canna*, *Marantha*, *Calathea*, *Phrynium* u. s. w. bildet sich nur an einer Seite des Mittelbandes die Anthere aus, aber hier regelmässig zweifächerig mit ganz einfacher und gewöhnlicher Naht und einer Scheidewand, die nach specifischer Verschiedenheit bald mehr, bald weniger mit leistenartigem Vorsprung in die Fächer hineinragt; bei den Scitamineen im engern



208. *Laurus carolinensis*. *A* Staubfaden des äusseren Kreises. *a* Träger. *b* Vordere untere, *c* obere hintere Staubbeutelfächer. *d* Den Nebenblättern analoge Drüsen. *B* Staubfaden des innern Kreises. *a* Träger. 8 Untere hintere, o obere vordere Fächer des Staubbeutels. *C* Durchschnitt des Staubbeutels, *B* in der Höhe oo. *D* Durchschnitt desselben in der Höhe 88.

209. *Orchis militaris*. Die Fortpflanzungsorgane aus einer etwa $^2/_3$''' langen Knospe nach Entfernung der Blüthenhülle; der Fruchtknoten ist weggeschnitten, ebenso die Lippe, so dass man den Rand und den Eingang in die Höhle des im untern Theile ebenfalls entfernten Sporns der Lippe sieht. *a* Mittelband des Staubbeutels. *b b* Die beiden Antherenhälften. *c* Die Halter, noch von der Oberhaut, der Tasche, bedeckt. *d* Unterer Theil der Antherenfächer, worin das Schwänzchen liegt. *e e* Die beiden Nebenstaubfäden. *f* Narbenfläche. Der Pfeil in der Richtung von *x* nach *y* zeigt die Richtung des Schnittes an, welchen Holzschnitt 211 darstellt.

210. *Orchis Morio*. *A* Pollenmasse aus einer Antherenhälfte. *a a* Die beiden Lappen der Masse, den beiden Fächern einer Seite entsprechend. *b* Schwänzchen. *c* Halter. Die Lappen *a a* sind in viele keilförmige Portionen getheilt, eine derselben ist in *B* stärker vergrössert. Sie selbst besteht wieder aus Gruppen je vier vereinigter Pollenkörner (*C*).

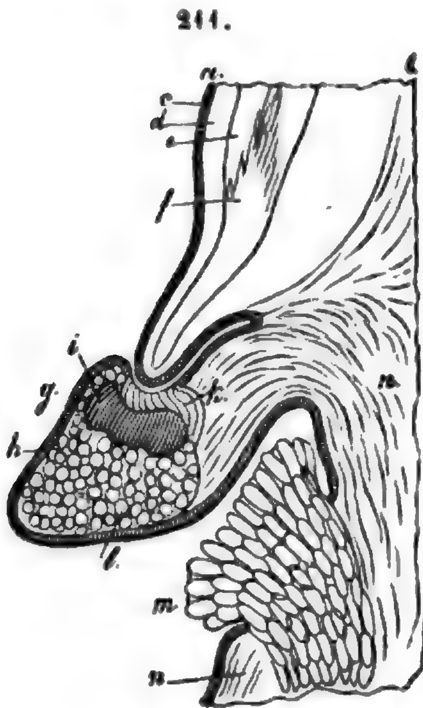
---

* *Elem. phil. bot. ed. II.* 179.

** *** und **** A. a. O.

Sinne (*R. Brown*) bilden sich dagegen an jeder Seite des Mittelbandes zwei Fächer aus und auch hier springt die Scheidewand bald mehr (*Hedychium coccineum*), bald weniger (*Curcuma aromatica*) in die Fächer hinein vor. Die auffallende Bildung der Klappen bei den Laurineen (ähnlich bei Berberideen) ist leicht an 208 zu versinnlichen.

Einige Besonderheiten will ich hier noch anführen, welche die Familie der Orchideen darbietet und die bis jetzt noch gänzlich unaufgeklärt geblieben sind. Das am wenigsten Auffallende ist, dass sich oft der Pollen in mehr als vier (8 oder 16) getrennten Partieen bildet und daher auch mehr als die gewöhnlichen vier Fächer vorhanden sind, z. B. bei *Calanthe*, *Bletia* u. s. w.; bei den meisten dagegen ist die Anthere regelmässig vierfächerig, namentlich bei allen Ophrydeen (209), bei denen sich aber häufig die Pollenmasse jedes Faches, aus mir unbekannten Ursachen, in viele kleine keilförmige Stücke theilt (210), die um eine grössere centrale Masse jener oben schon erwähnten viscinähnlichen Substanz geordnet sind. Nicht selten setzt sich die Sonderung des für Bildung des Pollens bestimmten Zellgewebes schmal zulaufend in die verschmälerte Basis der Anthere hinein fort, zuweilen auch von der breiten Basis nach vorn umbiegend und noch einmal in der Substanz der Klappe aufsteigend, z. B. bei *Epidendron cochleatum*. Zuweilen geht vom Mittelband der Anthere nach vorn über der Narbe ein spitzer Fortsatz, das Schnäbelchen (*rostellum*), aus; auch in diesen hinein setzt sich zuweilen jenes Zellgewebe fort. Alles dieses Zellgewebe wird aber gewöhnlich später zu Viscin umgewandelt und bildet dann den schwanzförmigen Anhang, das Schwänzchen (*caudicula*) (210, *A b*, 211 *f*), an der Pollenmasse. An dem untern, gewöhnlich an diesen Stellen drüsig verdickten Rande der Anthere (209 *c*) oder des Schnäbelchens (211 *g*) zeigen sich häufig schon früh unter der Epidermis (hier die Tasche, *bursicula*, genannt) (209 *c*, 211 *h*) eine oder zwei kleine Zellengruppen, die sich mit Viscin füllen und zum Theil selbst dazu aufgelöst werden (211 *i*, 210 *c*). Allmälig wird über ihnen die Oberhaut zerstört und sie liegen dann frei und heissen nun Halter (*retinacula*) (210 *b c*); wird die Oberhaut schon sehr früh zerstört, so nennt man sie *retinacula nuda*. Im letzteren Falle wird zugleich (also noch ehe die Anthere aufspringt) auch das Zellgewebe, welches die Spitze der *caudicula* von dem *retinaculum* trennt, zerstört, und *caudicula* und *retinaculum* treten so in Verbindung. Im ersten Falle dagegen sind beide häufig getrennt, aber so gestellt, dass, so wie die Anthere aufspringt, jede geringste Ortsveränderung der Pollenmasse die Spitze des Schwänzchens mit dem dann immer entblössten *retinaculum* in Berührung bringt, so dass sie zusammenkleben. Gar leicht ist diese Bildung für den zuletzt erwähnten Fall bei *Orchis militaris* und besonders leicht bei dem sehr langen Schnäbelchen der Neottieen zu verfolgen. Für den andern Fall liefern *Gymnadenia albida* und *conopsea* gute Beispiele. Ganz von diesen merkwürdigen Eigen-



211. *Orchis militaris*. Längsschnitt durch den mittlern Theil der Fortpflanzungsorgane in der Richtung des Pfeils *x y* im Holzschnitt 209. *a b* Unterer Theil der linken Antherenhälfte. *c* Oberhaut. *d* Parenchym der Wandung. *e* Pollenmasse. *f* Schwänzchen. *g* Spitze des hier sehr kurzen Schnäbelchens. *h* Oberhaut (Tasche). *i* Halter. *k* Theil der Tasche, welche später aufgelöst wird, so dass der Halter frei mit dem durch Aufspringen des Staubbentels ebenfalls frei gewordenen Schwänzchen in Berührung tritt. *l* Lockeres leicht trennbares Zellgewebe, *m* Aeussere Fläche des leitenden Zellgewebes (Narbe). *n* Parenchym der einen Staubweg bildenden Scheibe.

heiten abweichend, haben die *Orchideae diandrae* und die *Apostasieae* ganz regelmässige Antheren und nicht zusammengeklebten körnigen Pollen. Bis zu den ersten Stadien der Blüthenbildung vorzudringen, hat mir bis jetzt noch nicht gelingen wollen; das Wenige, was ich gesehen bei *Orchis latifolia* und *Cypripedium calceolus*, lässt mich aber vermuthen, dass der Anlage nach nie mehr wie drei Staubfäden vorhanden sind, von denen bei *Cypripedium* sich einer blattartig ausbildet, bei den übrigen Orchideen aber zwei vollständig abortiren oder als zwei kleine fleischige Schüppchen in Folge einseitiger, übermässiger Ausbildung der oberen Blüthendecke (des *labellum*) an die Seite des einzigen entwickelten Staubfadens gerückt werden.

Die unbegreiflichste Antherenbildung, wenn ich anders recht gesehen habe, kommt bei *Caulinia* vor. Hier bildet sich bei *mas* und *femina* ein Deckblättchen zu einem krugförmigen Organ aus, das bei *femina* nach Oben zweilappig einen Fruchtknoten mit zwei Stigmaten, bei *mas* aber, im obern Theil einseitig aufspaltend, eine Blüthenhülle nachahmt. An dem kegelförmigen Zäpfchen, welches von jedem Deckblättchen umfasst wird, bildet sich bei beiden Geschlechtern auf die später bei der Saamenknospe zu schildernde Weise eine Hülle, und um diese Zeit ist noch durchaus nicht zu bestimmen, ob *mas* oder *femina* sich bilden wird, dann aber weichen beide ab, indem bei *femina* die Saamenknospe noch ein zweites Integument bildet und sich umkehrt, bei *mas* aber das Zäpfchen zu einem grösseren Kern heranwächst, und während dieser allmälig von der Hülle bis auf einen kleinen Canal am Scheitel überzogen wird, sich ganz und gar (?) zu Pollen auflöst, der dann zu jener Scheitelöffnung austritt.

Endlich scheint eine höchst abweichende Antherenbildung auch bei *Brosimum Alicastrum* vorzukommen; die vortrefflichen Abbildungen davon in unsern botanischen Werken sehen frappant wie zierlich, frisch gedrechselte Schachfiguren aus, und ohne die Bildung in der Natur zu kennen, darf man behaupten, dass die Abbildungen mit ihr keine Aehnlichkeit haben.

C. Von den accessorischen Blattorganen der Blüthe.

§. 155.

Ausser den bisher abgehandelten Blüthentheilen kommen noch häufig andere unzweifelhafte Blattorgane in der Blüthe vor, die man, in Bezug auf ihre einfache Bildung (dünnere oder dickere Schüppchen) oder sehr abweichende Gestalt, als verkümmerte Blüthentheile bezeichnen könnte. Ich unterscheide nach den Stellungsverhältnissen zwei Formen, nämlich 1. von den innersten Blüthendecken bis zum äussersten Kreis ausschliesslich, in welchem Staubfäden entwickelt sind, die »Nebenblume« (*paracorolla*) und ihre Blätter als »Nebenblumenblätter« (*parapetala*); 2. von dem genannten Kreis einschliesslich bis zum Fruchtknoten, die Nebenstaubfäden (*parastemones*).

Die Nebenkrone besteht zuweilen aus Schüppchen, die bald dünner, blattartiger, bald dicker und fleischiger, bald ganzrandig, bald zertheilt sind, so bei den Gräsern der innere dreitheilige Blattkreis, von dem gewöhnlich ein Blatt fehlschlägt, bei *Vallisneria* die drei kleinen Schuppen. Häufiger zeigt die Nebenkrone ganz besondere abweichende Formen, die zum Theil die Gestalten der Blüthendecken im Kleinen und oft verzerrt wiedergeben, z. B. die beiden langen, dünnen Blattorgane in der Blüthe von *Aconitum*, die ein langgenageltes, gesporntes

Blüthendeckblatt nachahmen; die tutenförmigen Nebenblumenblätter bei *Helleborus*, *Trollius*, *Nigella* u. s. w.; die ganz wunderlichen kleinen, meist kahnförmigen Blättchen bei den Loaseen. Mir ist kein Beispiel bekannt, dass die Theile der Nebenblume unter einander verwachsen wären. Die Structurverhältnisse sind entweder sehr einfach, wie bei den meisten Schüppchen, die nur aus zartem Zellgewebe bestehen, oder sie gleichen denen der Blüthendecken und ihrer Anhängsel; am häufigsten findet sich hier die Absonderung von Nectar an bestimmten Stellen, besonders in den hohlen Formen.

Die Nebenstaubfäden kommen in doppelter Weise vor, als ganz getrennte Blattorgane und völlig unter einander verwachsen. *a.* Im ersten Falle sind sie in ihren Formen den Staubfäden bald mehr, bald weniger ähnlich, z. B. bei den Commelineen, und oft, insbesondere wenn sie (wie bei *Chelone*, *Scrophularia*) einem Kreise angehören, von dem sich einige Glieder zu Staubfäden entwickeln, ganz wie ein Träger ohne Anthere gebildet, z. B. bei vielen Geraniaceen; zuweilen sind sie auch hier schuppenförmig, z. B. bei *Veronica*, wo sie zwei Theile des viergliedrigen Staubfadenkreises repräsentiren*. Wenn sie einen eigenen Kreis bilden, so sind sie gewöhnlich als kleine Schüppchen entwickelt, z. B. bei *Pimelea* und *Gnidia* zwei, u. s. w. *b.* Im letzten Falle bilden sie grösstentheils den sogenannten unterständigen Ring (*annulus hypogynus*) und sind dann gewöhnlich dickfleischig und saftig, z. B. bei *Daphne*, bei *Celosia***, bei *Trapa*; zuweilen ist dieser Ring gelappt, so dass er die Zahl seiner Glieder noch deutlich (wie bei den meisten Ericeen, bei Chrysosplenium achtlappig, bei *Cobaea scandens*, *Convolvulus* fünflappig) oder undeutlicher zu erkennen giebt (wie in der ganzen Familie der Scrophularineen); häufiger ist der Ring im ausgebildeten Zustande ganz gleichförmig, z. B. bei *Ruellia formosa*, *Callistegia*, vielen Polemoniaceen. Auch an der Symmetrie der Blüthe nimmt dieser Ring zuweilen Theil, z. B. *Gesneria* und *Pedicularis*.

Bei den in diesem Paragraphen abgehandelten Verhältnissen herrscht eine Verwirrung, die gar nicht zu beschreiben und die Folge gänzlicher Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte ist. Hier sogleich Rath zu schaffen, übersteigt die Kraft des Einzelnen, und es bleibt eine Aufgabe für eine im höchsten Grade verdienstvolle und doch nichts weniger als schwierige Arbeit, durch eine möglichst umfassende monographische Bearbeitung dieser Bildungen und die Darlegung ihrer Natur aus der Entwickelungsgeschichte wenigstens vorläufig einen Grund zu legen, auf dem dann fortgebaut werden kann. Ich habe hier nur andeuten können. Die genannten Bildungen, so wie die ganze Reihe der unselbstständigen Anhängsel der Blüthendecken und Staubfäden, endlich ein Theil der eigenthümlichen Formen der Axenorgane der Blüthe werden fast alle unter demselben Namen bald als *paracorolla* mit den Unterabtheilungen *corona*, *fornix*, *cuculli*, *cylindrus* u. s. w., bald als *discus*, bald als *nectaria*, bald als *staminodia* u. s. w. beschrieben, ohne dass auch nur die Frage gestellt wird, ob ähnlich erscheinende Theile nicht vielleicht sehr verschiedenen Ursprung haben und welchen. Ich habe versucht, den Begriff der Nebenkrone gegen den der Blüthendecken festzustellen, um so eine einfache und consequente Terminologie möglich zu machen. Zur Erläuterung gebe ich einige Beispiele.

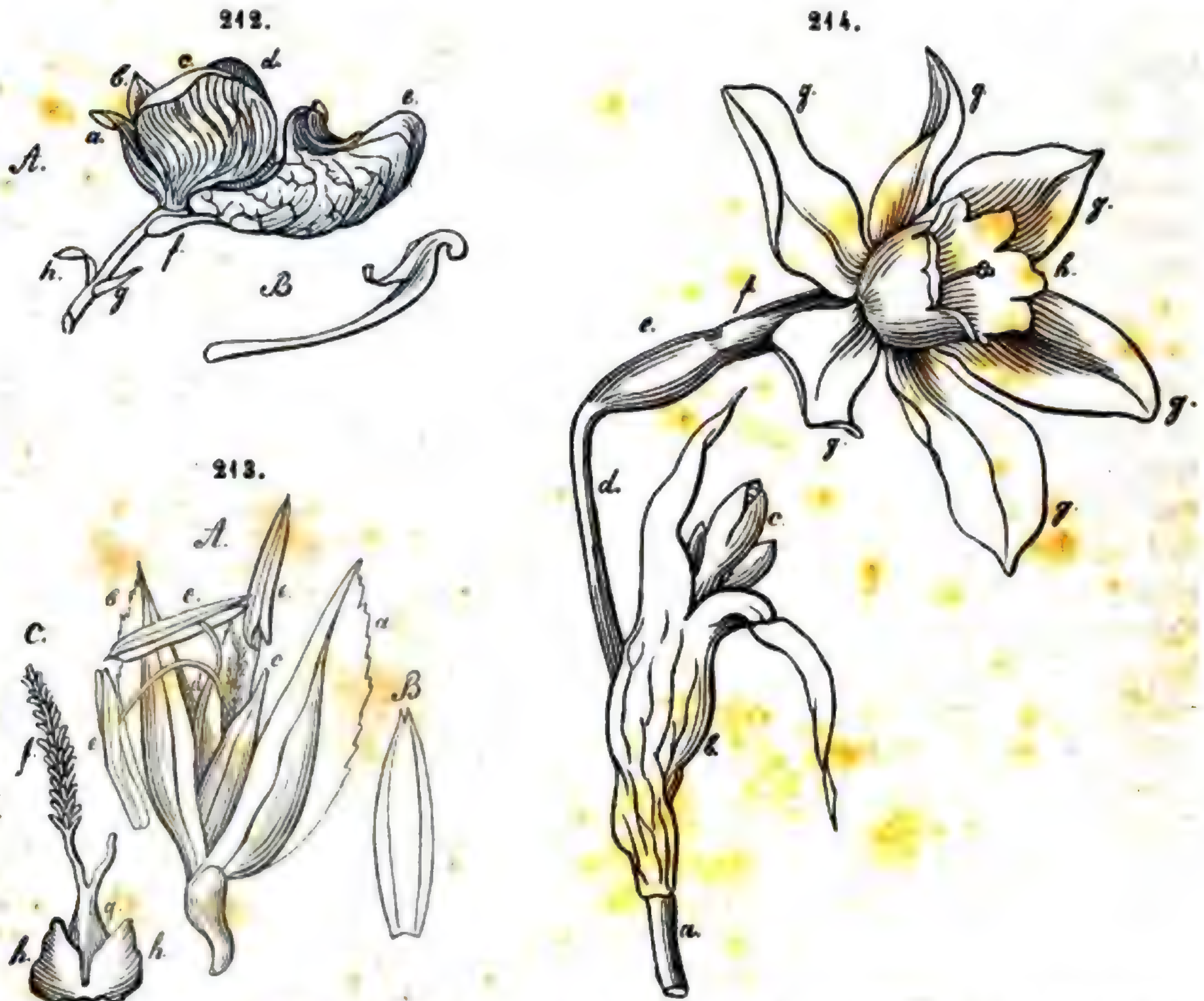
Bei den Ranunculaceen (Helleboreen) nenne ich consequent die äusseren Blüthen-

---

* Auch bei *Lathraea* und *Orobanche* scheint dies Verhältniss vorhanden zu sein.

** Wo dieser Ring bisher gänzlich übersehen ist.

deckblätter Blüthenhülle (212, *A a b c d e*), die inneren stets sehr abweichend und gleichsam verkümmert gebildeten Nebenkrone (212, *B*). Ebenso heissen mir die Kronenspelzen der Gräser (*paleae*) Blüthenhülle (213, *A c d B*), die Schüppchen (*squamulae Rob. Br.*) dagegen Nebenkrone (213, *C h h*). Davon scharf zu unterscheiden sind nun alle unselbstständigen Organe, die man auch wohl Nebenkrone genannt hat, wie z. B. der Kranz bei den Narcissen (214, *h*) und die sogenannten



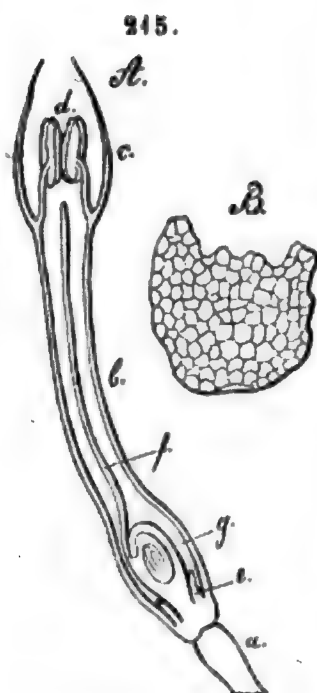
Nebenkronen bei den Asclepiadeen, welche grösstentheils, namentlich bei *Asclepias*, nur wunderliche Formen der Träger und des Mittelbandes vom Staubfaden sind (vergl. S. 495 den Holzschnitt 221). Alle übrigen Blattorgane der Blüthe von dem äussersten Blattkreise, in welchem sich Staubfäden entwickeln, an bis zum Fruchtknoten, kann man unter einen Namen als Nebenstaubfäden zusammenfassen; eine begriffsmässige Trennung ist ohnehin unmöglich, weil ihre Formen ganz stetig in einander übergehen. Als Beispiel mögen hier die Schüppchen in der Blume von

212. *Aconitum napellus.* *A* Blüthe. *a* bis *e* Fünf Blüthenhüllblätter, *e* kapuzenförmig. *f g h* Drei Deckblättchen. *B* Nebenkronenblatt.

213. *Phalaris coerulescens.* *A* Gras-Aehrchen. *a* und *b* Blustenhülle aus zwei Bracteen gebildet (*valvae glumae auct.*). *c*, *d* Ein freies und zwei verwachsene (*d*) Blüthenhüllblätter (*paleae auct.*). *e*, *e*, *e* Drei Staubfäden. *f* Eine Narbe. *B* Die beiden verwachsenen Blüthenhüllblätter mit zwei Nerven (*palea superior auct.*). *C* Stempel, am Grunde von den beiden schwach verwachsenen Nebenkronenblättern, *h*, *h* (*squamulae auct.*), umgeben. *g* Fruchtknoten. *h* Eine Narbe, die andere ist abgeschnitten.

214. *Narcissus laetus.* Blüthen. *a* Blüthenstengel. *b* Blustenscheide. *c* Knospen. *d* Blüthenstiel. *e* Unterständiger Fruchtknoten. *f* Röhre der Blüthenhülle. *g* Saum der Blüthenhülle, als 6 freie Blättchen erscheinend. *h* Kranz aus 6 verwachsenen Blatthäutchen der Blüthenhüllblätter gebildet.

215.



Pimelea dienen (215). Hier fehlt es aber an Entwickelungsgeschichten, insbesondere um bei den Formen, die den sogenannten unterständigen Ring (oft auch Discus genannt) bilden, die aus einem Blattkreise entstandenen Bildungen von einer blossen Ausbreitung der Blüthenaxe zu unterscheiden. Im ersten Falle bilden sich anfänglich völlig getrennt die einzelnen Blattanlagen und zwar immer vor den Fruchtblättern, und verwachsen später zum Ringe; im zweiten Falle entsteht der Ring oder Discus als ein völlig gleichförmiges Ganze auf einmal, und zwar immer nach dem Erscheinen der Fruchtblätter durch blosse Ausdehnung der schon vorhandenen Axe, wenn diese nicht auf diesem Theile noch selbst Blattorgane trägt (wie bei *Reseda*). Dies letztere ist namentlich der Fall bei den Borragineen und Labiaten mit dem Discus (der sogenannten *gynobasis*). Für das erstere geben *Trapa*, *Convolvulus* und die Familie der Scrophularineen gute Beispiele. Bei diesen letzteren tritt aber noch eine Schwierigkeit ein, die nur durch sehr umfassende Untersuchungen überwunden werden kann: es scheint nämlich bei ihnen entweder eine Trennung in zwei Gruppen stattzufinden, von denen die eine viergliedrige, die andere fünfgliedrige Kreise in der Blüthe hat, oder sie sind alle viergliedrig, und es erscheinen nur bei der einen Gruppe die ausgebildeten Blüthentheile fünfgliedrig, weil sich die einzelnen Glieder desselben Kreises ungleich ausbilden; hierbei würde dann ein Blatt des innersten Kreises den einseitigen Discus bilden, die andern drei zu Staubfäden werden und mit einem oder zwei Blättern des nächsten Kreises, die vier oder fünf Staubfäden bilden u. s. w. Hierauf haben mich meine Untersuchungen an *Pedicularis* und *Orobanche* geleitet; der ursprünglich und immer viertheilige Typus ist dagegen bei *Veronica* bestimmt vorhanden, bei der zwei Blätter des innersten Kreises zu Staubfäden, die zwei andern zum einseitigen Discus sich ausbilden*. Aehnliches findet auch noch in verwandten Familien statt, und bei einer genauen Arbeit wären die Acanthaceen, Pedalineen u. s. w. mit in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen.

D. Die Fruchtanlage.

§. 156.

Die Saamenknospe, als der einzig wesentliche Theil der Fruchtanlage, kann entweder nackt, oder in einem Behälter eingeschlossen sein; diesen letztern nennt man Stempel (*pistillum*). Wo er vorhanden ist, besteht er wesentlich aus zwei Theilen: einer Höhle, die die Saamenknospen umschliesst, dem Fruchtknoten (*germen*), und seiner gewöhnlich eigenthümlich modificirten Oeffnung nach Aussen, der Narbe (*stigma*). Zuweilen verlängert sich der Fruchtknoten unter der Narbe noch in eine längere oder kürzere Röhre, die Staubweg (*stylus*) genannt wird. In

215. *Pimelea decussata*. *A* Längsschnitt durch die Blüthe. *a* Blüthenstiel. *b* Röhre. *c* Saum der Blüthenhülle. *d* Zwei Staubfäden. *e* Nebenstaubfäden. *f* Staubweg. *g* Fruchtknoten mit der Saamenknospe. *B* Ein Nebenstaubfaden, stärker vergrössert.

* Bei *Calceolaria* sind sogar nur zwei viergliedrige Kreise vorhanden, von denen der äussere zum Kelch, der innere dagegen mit dem obern und untern Blatte zur Blumenkrone, mit den seitlichen Blättern zu Staubfäden wird.

dem Fruchtknoten sind die Saamenknospen an bestimmter Stelle, wo sich oft ein besonders zu unterscheidender Theil als eigenes Organ charakterisirt, befestigt; man nennt diese Stelle den Saamenträger (*spermophorum*). Die Betrachtung dieser Verhältnisse muss ich nun, des bessern Verständnisses und innern Zusammenhanges willen, nach folgender Uebersicht fortführen:

a. Vom Stempel*.
b. Von dem Saamenträger.
c. Von der Saamenknospe.

---

a. *Vom Stempel.*

§. 157.

Zu den Stempeln rechne ich nur diejenigen Theile, die wirklich Höhlungen umschliessen, in denen sich später eine oder mehrere Saamenknospen entwickeln. In diesem Sinne fehlt den Coniferen, Cycadeen und Loranthaceen der Stempel durchaus. Nach den den Stempel bildenden Grundorganen muss man drei Hauptarten unterscheiden, den ächten oberständigen Stempel (*pistillum superum*), den unterständigen Fruchtknoten (*germen inferum*) und den Stengelstempel (*p. cauligenum*). Der erstere bildet sich aus einem oder mehreren Blattorganen, der zweite in seinem untern Theile aus dem Blüthenstiel, im obern häufig aus Blattorganen; der dritte entsteht ganz aus Axenorganen oberhalb und innerhalb der Blüthenhüllen. Ein Blattorgan, insofern es zur Bildung des Stempels dient, nennt man Fruchtblatt (*carpellum*). Folgende Fälle verdienen nähere Erläuterung.

I. Vom oberständigen Stempel. Der aus einem Fruchtblatt sich bildende Stempel entsteht wie ein Blatt, das sich flach ausbreitet und dessen Ränder von Unten nach Oben allmälig verwachsen; der untere (Scheiden-) Theil, zu einem hohlen Körper verwachsen, bildet den Fruchtknoten, der obere, nicht verwachsene, frei ausgebreitete Theil (die Blattscheibe), die Narbe; der mittlere Theil (Blattstiel), wenn er vorhanden ist, zu einer unten mit dem Fruchtknoten communicirenden und am Anfang der Narbe sich nach Aussen öffnenden Röhre verwachsen, wird zum Staubweg (z. B. *Zea Mays*). So ist das Ganze ein einfacher, eingliedriger Stempel (*p. simplex monomerum*). Der Fruchtknoten ist in diesem Falle einfächerig (*germen uniloculare*). In einigen Fällen bilden sich hier durch zellige Auswüchse von der innern Wand des Fruchtknotens unächte Scheidewände (*dissepimenta spuria*), wodurch der Fruchtknoten ein unächt mehrfächeriger wird (*germen spurie pluriloculare*), z. B. bei *Aroideae*.

Setzt sich der Stempel aus mehreren Fruchtblättern zusammen, so bilden diese sich

a. entweder auf die beschriebene Weise zu Stempeln um und bleiben unverbunden = mehrfache, eingliedrige Stempel (*p. plura*, *monomera*), oder sie ver-

---

* Der Ausdruck Stempel (*pistillum*) ist hergenommen von der Aehnlichkeit, welche manche dieser Organe, z. B. bei den Primulaceen mit einer Mörserkeule (Stempel) zeigen, in dem eine grössere Kugel (der Fruchtknoten) und eine kleinere (die Narbe) durch ein cylindrisches Stück (den Staubweg) verbunden sind. Da Narbe und Staubweg häufig bei Ausbildung der Frucht verschwinden, so passt der Ausdruck Fruchtknoten (so viel wie Fruchtknospe) nur auf den untern Theil, der immer zur Frucht wird.

wachsen, in einem oder mehreren* Kreisen stehend, unter einander mit den äusseren, einander zugekehrten Flächen. So bilden sie einen scheinbar einfachen und vielgliedrigen Stempel (*p. simplex, polymerum*). Diese Verwachsung kann sich auf den ganzen Stempel erstrecken (z. B. Apocyneen), oder nur auf Fruchtknoten und Staubweg, oder nur auf den Fruchtknoten, woraus ein einfacher Fruchtknoten mit einfachem Staubweg und mehreren Narben (z. B. Geraniaceen), oder gar keinem Staubweg und mehreren Narben (z. B. *Phytolacca*), oder ein einfacher Fruchtknoten mit mehreren Staubwegen und mehreren Narben (z. B. *Buxus*) hervorgeht; selten bleiben die Fruchtknoten und Staubwege getrennt und nur die Narben verwachsen, wie bei den Asclepiadeen. Den Fruchtknoten nennt man in allen diesen Fällen mehrfächerig (*plurilocularis*). Die Fächer (*locula*) werden durch Scheidewände (*dissepimenta*) getrennt, die ihrer Entstehung nach doppelt sind und natürlich mit den Fruchtblättern, also auch mit den Narben abwechseln. Zuweilen tritt auch hier die Bildung unächter Scheidewände durch zellige Auswüchse hinzu, z. B. bei den Labiaten und Borragineen, wo der ächt zweifächerige Fruchtknoten durch solche unächte Scheidewände zum unächt vierfächerigen wird.

b. Oder die Fruchtblätter verwachsen unter einander mit den Rändern, so dass sie einen einfachen, vielgliedrigen Fruchtknoten, einen Staubweg mit einfacher Röhre und einfachen oder mehrfachen Narben bilden (*p. simplex, polymerum*). Dieser ist aber hier einfächerig (*uniloculare*) wie der eingliedrige. Selten sind hier unächte Scheidewände, die meist, vielleicht ausschliesslich, aus einer besondern Entwickelung des Saamenträgers hervorgehen, z. B. bei den Cruciferen, bei denen die Bildungsgeschichte leicht zu verfolgen ist.

II. Vom unächten unterständigen Fruchtknoten. Bei der Bildung eines becherförmigen Discus tritt zuweilen der Fall ein, dass die mehreren einfachen, eingliedrigen, oberständigen Fruchtknoten, die er umgiebt, nicht blos unter einander, sondern auch mit dem Discus fest verwachsen und so eine gleichförmige Masse bilden, die oben die übrigen Blüthentheile trägt und aus der die Staubwege und Narben länger oder kürzer hervorragen. Dieser Fall tritt bei den Pomaceen ein, wo nur ein Kreis von Fruchtknoten vorhanden ist, und bei den Puniceen, wo zwei Kreise zusammenstehen. Diese Bildung ist von dem ächten unterständigen Fruchtknoten durchaus verschieden. Dort werden die einzelnen Fruchtknoten von Blattorganen gebildet und verwachsen mit Axenorganen; bei letzterem dagegen ist es eine reine Form der Axe, welche ausschliesslich den Fruchtknoten bildet.

III. Vom unterständigen Fruchtknoten. Bei einer grossen Reihe von Familien dehnen sich sämmtliche Stengelglieder vom Kelch bis zu den Fruchtblättern in einen hohlen, becherförmigen oder selbst röhrenförmigen Körper aus, der auf seinem Rande die sämmtlichen übrigen Blüthentheile trägt und auf seiner innern Fläche die Saamenknospen entwickelt und so den Fruchtknoten (*germen*) bildet. Die Fruchtblätter bilden hier, indem sie mit ihren Rändern unter einander verwachsen, nur die obere Decke der Fruchtknotenhöhle, den Staubweg, wenn er vorhanden ist, und mit den freien Enden die Narben. Ihr Antheil an der Bildung

---

* *Lindley's* Erklärung der Fruchtbildung von *Diplophractum* (*Elements of botany, London* 1841, *p.* 53) scheint mir sehr gewagt; ohnehin fehlt es hier selbst noch an einer genauen Kenntniss des Fruchtknotens zur Zeit der Blüthe, und so ist das Ganze vorläufig eine blosse Fiction. Mir ist viel wahrscheinlicher, dass die fünf innern Fächer gar keine Fruchtfächer sind, sondern auf ähnliche Weise entstanden wie die fünf äussern leeren Fächer bei *Nigella*.

des Fruchtknotens ist aber sehr verschieden. Ist der unterständige Fruchtknoten nur eine flache Vertiefung, z. B. Saxifrageen, Myrtaceen, so ist der Antheil der Blattorgane an der Bildung der Höhle noch ziemlich bedeutend *(germen semiinferum)*. Ist der Fruchtknoten schon durch die Form der Stengelglieder nach Oben geschlossen (z. B. bei den Onagreen), so bilden sie nur den Staubweg und die Narben. Verlängert sich aber, wie nicht selten geschieht, die von den Stengelgliedern gebildete Röhre noch oberhalb der Blüthendecken, so entsteht auch ein (unächter) aus den Stengelgliedern gebildeter Staubweg, der dann gewöhnlich die Staubfäden trägt, und die Fruchtblätter bilden nur noch als kleine Schüppchen die Narbe, oder fehlen ganz. Dies ist die Bildung bei Orchideen und Aristolochiaceen, und am auffallendsten bei den Stylideen. Bei diesen Fruchtknoten können natürlich gar keine ächten Scheidewände vorkommen, wohl aber bilden sehr häufig die Saamenträger unächte Scheidewände, und zwar, wie ich glaube, mit wenig Ausnahme den Fruchtblättern, also auch den Narben opponirt.

IV. Vom oberständigen Stengelfruchtknoten. Bei *Passiflora* entsteht der oberständige Fruchtknoten aus einer becherförmigen Axe, an derem Rande die Fruchtblätter entstehen, welche Staubwege und Narben bilden.

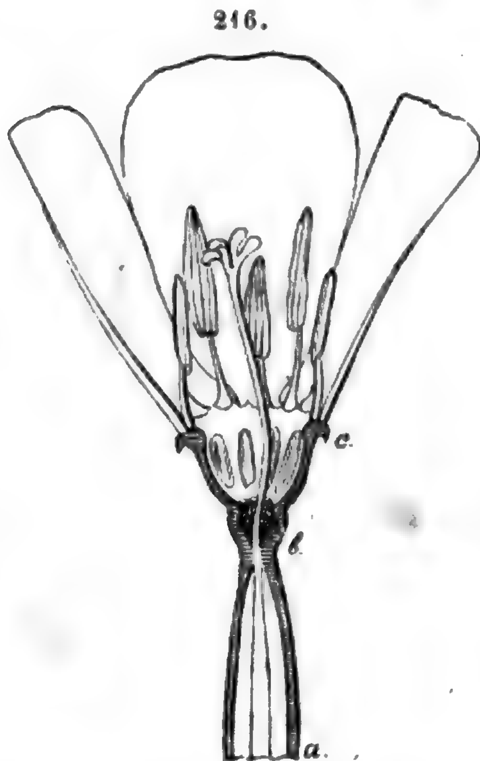
V. Vom Stengelpistill. Bei Leguminosen und Liliaceen, vielleicht bei noch mehreren Familien, entwickelt sich das Ende der Axe innerhalb der übrigen Blüthentheile allmälig zu einem oder mehreren flachen, blattartigen Stengeln. Diese verhalten sich in der Bildung eines Stempels gerade so, wie wirkliche Blätter. An den eingeschlagenen Rändern bilden sich nach Unten die Saamenknospen; der obere Theil wächst allmälig zu Staubweg und Narbe aus.

In der vorstehenden Darstellung der Entstehung des Fruchtknotens sind zwei wesentliche Punkte festzuhalten. Das erste ist die Bildung desselben aus sehr verschiedenen Theilen. Gerade hier ist die Morphologie der Pflanzen bisher völlig im Dunkel umhergetappt, und es konnte nicht anders sein, weil man ohne alles die Resultate sicherndes Princip der Forschung bloss in den Tag hinein rieth. Die Entwickelungsgeschichte kann hier aber allein unsere Führerin sein und wird uns auch zum völlig sichern Abschluss führen, sobald man sie allgemein in ihrem Rechte anerkennt. Ich habe hier allerdings nur noch geringe Beiträge geben können, denn eine ganze Wissenschaft übersteigt die Kräfte jedes Einzelnen, geschweige denn die meinigen. Vorarbeiten fand ich in diesem Punkte gar nicht, und viel, unendlich viel ist hier noch zu untersuchen. Folgende Sätze geben hier die Grundlage: eine normale Knospe und ein Blatt entstehen gesetzmässig bei den Phanerogamen niemals auf oder aus einem Blatt, sondern nur aus einem Axengebilde; wo also normale Knospen oder Blattorgane entstehen, muss die Grundlage, aus der sie sich erheben, ein Axenorgan sein. Ein Organ, welches von seinem ersten Ursprung an ein einziges und ungetrenntes ist, kann nur Träumerei, aber nicht gesunde Naturforschung für aus mehreren Theilen verwachsen erklären. Unzweifelhafte Axenorgane kommen in der sogenannten Blattform vor (z. B. *Phyllanthus*), an ihren Rändern Knospen tragend. Unzweifelhafte Axenorgane bilden flache Scheiben, concave Scheiben und selbst lange, hohle, flaschenförmige, nach Oben fast geschlossene Formen (z. B. *Ficus*). Untersuchen wir nun die sich bildenden unterständigen Fruchtknoten bei Irideen *, Onagreen, Compositen, so finden wir jedes Mal, dass sich die Fruchtknotenhöhle gleichzeitig, oft schon früher als die äussern Blüthendecken bildet, dass an dem Rande des völlig deutlich gebildeten Fruchtknotens nach und nach die folgenden Blüthendecken, Staubfäden und Fruchtblätter entstehen, dass insbesondere die letzten sich häufig erst dann bilden, wenn der Frucht-

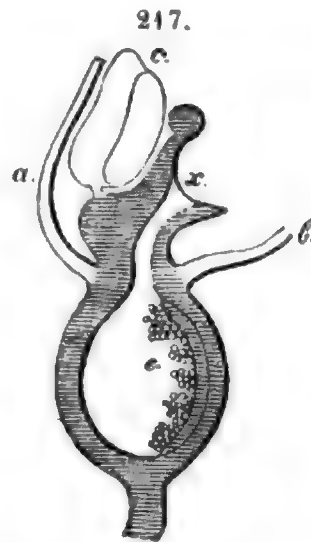
* Vergl. Kupfertafel II., Fig. 18–22 nebst Erklärung.

knoten schon ganz vollkommen und selbst die Saamenknospen schon angelegt sind. Es kann hier für den, der nur einige Entwickelungen in der Natur verfolgt hat, keinem Zweifel unterliegen, dass hier der ganze unterständige Fruchtknoten nur aus einer becherförmig gebildeten Axe entwickelt wird. Ganz auf dieselbe Weise überzeugt man sich, dass der Staubweg bei den ächten Gynandristen, bei Orchideen, Ari-

216.



217.



stolochiaceen und Stylideen ebenfalls nur ein Stengelgebilde sei. Erinnert man sich nämlich, dass bei scheiben- und becherförmigen Axen die obere oder innere Fläche der organisch höhere Theil, und die Mitte der Scheibe der höchste Punkt der Axe ist, so wird es leicht, sich jene abnormen Erscheinungen auf bekannte, nicht auffallende Bildungen zurückzuführen. Bei den Onagreen z. B. (216) entspricht die ganze äussere Fläche der Fruchtknotenhöhle (*a—b*) und der sogenannten Kelchröhre bis zu den freien Kelchlappen (*b—c*) dem Blüthenstiel, es folgen dann die Stengelglieder zwischen Kelch und Staubfäden, die nicht verlängert sind, die innere Fläche der sogenannten Kelchröhre bis zum Staubweg entspricht dem Stengelgliede zwischen Staubfäden und Fruchtblättern, welches ausgedehnt ist, wie etwa bei *Cleome*; endlich die innere Fläche der Fruchtknotenhöhle entspricht einem verlängerten Axengebilde innerhalb der Fruchtblätter, also dem sogenannten *spermophorum centrale liberum*. Bei *Orchis* (217), *Aristolochia, Stylidium* entspricht die äussere Fläche der Fruchtknotenhöhle dem Blüthenstiel, der Rand der Fruchtknotenhöhle ist das unentwickelte Stengelglied zwischen äusserem und innerem Kreise der Blüthendecke bei *Orchis* und *Stylidium* (bei *Aristolochia* ist nur ein Kreis vorhanden). Die äussere Fläche des hohlen Säulchens bei allen dreien entspricht dem entwickelten Stengelgliede zwischen den inneren Blüthendecken und den Staubfäden, wie es z. B. bei *Passiflora* vorkommt; der Rand des Säulchens ist das unentwickelte Stengelglied zwischen Staubfäden und

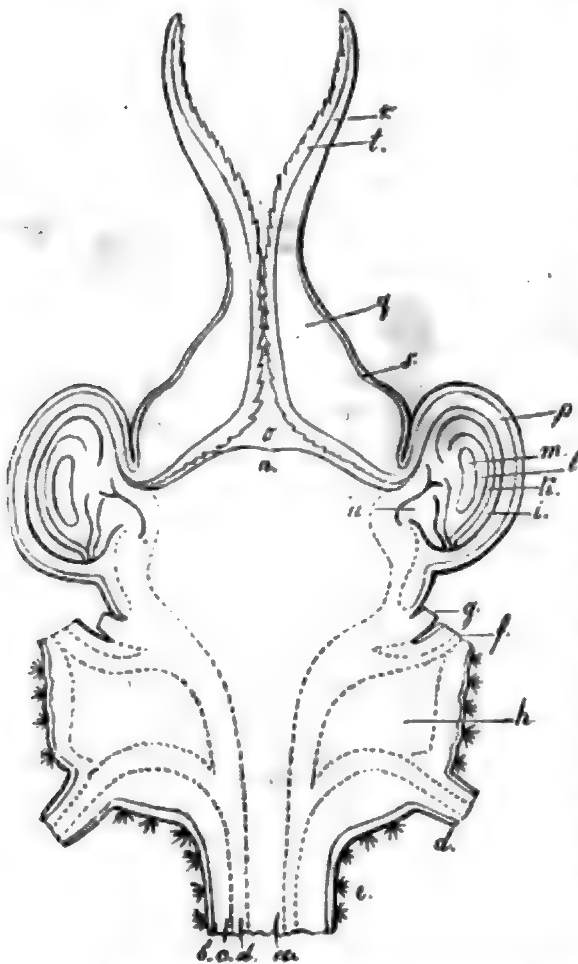
216. *Godetia Lehmanniana.* Blüthe im Längsschnitt, oberer Theil. Der schattirte Theil ist Axenorgan und zwar von *a* bis *b* unterständiger Fruchtknoten (Fig. 184.), von *b* bis *c* oberständige becherförmige Scheibe (Fig. 180). Diese oberständige Scheibe zeigt Vorsprünge und Verzierungen, die ganz ähnlicher Art, nur weniger entwickelt sind wie die auf der unterständigen Scheibe von *Passiflora* (vgl. Kupfertafel III).

217. *Epipactis latifolia.* Längsschnitt durch die Blüthe. *a* Aeussere, *b* innere Blüthenhüllblätter (halb abgeschnitten). *c* Staubfaden. *e* Saamenknospen. *x* Narbe. Der schattirte Theil ist Axenorgan und zwar bis zur Einfügung von *a* und *b* unterständiger Fruchtknoten, oberhalb desselben aber anfänglich ein Staubfadenträger, dann Fruchtblattträger, die Fruchtblätter sind aber völlig fehlgeschlagen und das Axenorgan bildet mit diesen beiden letzten Theilen oberhalb *a* und *b* selbst den Staubweg.

Fruchtblättern, und die innere Fläche des Säulchens der untere nicht mit Saamenknospen besetzte Theil des *spermophorum centrale*, wie er etwa bei den Primulaceen vorkommt. Auf dieselbe Weise führt die Entwickelungsgeschichte zu dem Schluss, dass der Fruchtknoten bei *Passiflora* ein Stengelorgan ist, da die Fruchtknotenhöhle schon angedeutet ist, ehe noch die Staubfäden sich zeigen und deutlich gebildet lange vor dem Auftreten der Fruchtblätter vorhanden ist. (Man vergl. hierüber Tafel III. nebst Erklärung.)

Weniger leicht und sicher zu entscheiden ist die Frage über den Ursprung des Stengelpistills; schwierig muss es besonders denen sein, sich mit dieser Anschauungsweise vertraut zu machen, die noch in dem gewöhnlichen, aber ohne alle Untersuchung hingestellten und daher völlig unbegründeten Vorurtheil befangen sind, jeder Stempel müsse aus Fruchtblättern gebildet sein. Wenn man aber erst sich von der Richtigkeit der vorigen Darstellung überzeugt hat und einsicht, das hier schon der wesentlichste Theil, der Fruchtknoten, beim unterständigen Fruchtknoten stets und oft auch der Staubweg aus Axenorganen gebildet wird, so wird die Ansicht schon leichter Eingang finden, dass auch der oberständige Stempel möglicher Weise ganz und gar aus Axenorganen gebildet sein könne. Als Ausgangspunkt dienen hier folgende Sätze: Axe und Blatt unterscheiden sich durch keine äussere Formenverschiedenheit, sondern durch ihren eigenthümlichen Entwickelungsprocess; beim Blatt wird die Spitze zuerst, die Basis zuletzt gebildet, bei der Axe verhält es sich gerade umgekehrt. Was regelmässig normale Knospen aus sich entwickelt, ist nie ein Blatt, sondern ein Axenorgan. Die Beobachtung giebt uns hier Folgendes: Bei einigen Stempeln, z. B. bei Cruciferen, Fumariaceen * bildet sich zuerst die Narbe, dann der Staubweg, zulezt der Fruchtknoten und endlich in diesem an besondern, von den Fruchtblättern verschiedenen Organen die Saamenknospen aus; bei andern, z. B. bei Leguminosen, bei Liliaceen bildet sich zuerst der Fruchtknoten und darin an den Rändern der als Fruchtblätter erscheinenden Platten die Saamenknospen; dann wächst der Staubweg aus, und endlich zu allerletzt entwickelt sich an der Spitze die eigenthümliche Form der Narbe. Wenden wir darauf das einzige Kriterium an, welches wir zur Unterscheidung von Blatt und Axe haben, so entspricht die erste Entwickelungsweise einem Blattorgan, die letzte ei-

218.



218. *Lavatera sanvitellensis.* Längsschnitt durch die Blüthe. *a* Mark. *b* Oberhaut. *c* Rinde. *d* Gefässbündel des Blüthenstiels (*e*). *d, f, g* Reste des abgeschnittenen Aussenkelchs, des Kelchs der Krone und Staubfäden. *h* Eigenthümlich schwammiges Zellgewebe des Blüthenbodens. *i, k, l, m* Aeusseres, inneres Integument, Kern und Keimsack der Saamenknospe. *n* Flachhalbkugeliges Ende der Axe in der Blüthe. *p* Unterer, *q* mittlerer, *r* oberer Theil der Fruchtblätter, Fruchtknotenhöhle, Staubweg und Narben bildend. *s* Leitendes Zellgewebe, an welchem die Pollenschläuche bis in den gemeinschaftlichen Raum (*o*) hinabsteigen, von wo aus sie in die einzelnen Fächer des Fruchtknotens rechts und links vom Knospenträger, der eine unmittelbare Fortsetzung der Axe ist, eintreten.

* Besonders geeignet sind diese wegen ihrer ausgezeichnet gebildeten Narbe.

nem Axenorgan, und so lange innere Consequenz noch als das einzige Mittel angesehen werden muss, um den sichern Fortschritt in der Wissenschaft gegen spielendes Hin- und Herreden zu erhalten, müssen wir nach dem gegenwärtigen Stande der Beobachtungen auch die genannten Stempel als aus Axenorganen gebildet ansehen. Wahrscheinlich gehören hierher noch gar manche Familien, namentlich z. B. die Ranunculaceen, über die ich, aus Mangel an vollständigen Untersuchungen, noch nicht zu urtheilen wage. Die interessanteste Abweichung von dem bisher als normal angesehenen Bau findet sich bei einer von *Griffith** beschriebenen Pflanze *Siphonodon celastrineus*. Ich glaube die deutlichste Vorstellung erhält man von dem Stempel dieser Pflanze** wenn man an den Stempel einer Malvee, z. B. *Lavatera* (218) sich die sämmtlichen Narben (*q*) bis auf kleine Zähnchen verkürzt und dagegen das kegelförmige Ende der Axe (*n*.) stielförmig bis über die Narben verlängert und darüber schirmförmig ausgebreitet denkt. Hier bilden die Carpellblätter Fruchtknoten und Staubwegröhre, die Axe dagegen als centraler Saamenträger zugleich auch das leitende Zellgewebe und die Narbe.

Das Resultat aller dieser Erörterungen ist nun, dass Fruchtknoten, Staubweg und Narbe gar keine bestimmten Grundorgane der Pflanze sind, sondern verschiedene Erscheinungsweisen bald der Axe, bald der Blattorgane. Nun sind aber die genannten Theile entschieden unwesentliche Theile der Blüthe, da sie gänzlich fehlen können, und deshalb ist auch hier gar keine durchgreifende Einheit zu erwarten. Dagegen sind die eigentlich wesentlichen Organe der Blüthe auch als Grundorgane verschieden. Die Staubfäden sind durchaus (nur bei *Najas* noch zweifelhaft) Blattorgane, die Saamenknospe und der sie tragende Theil, das *spermophorum*, wohl beständig Axenorgan. Eigentlich müsste hiernach die ganze Terminologie der Blüthe umgestaltet werden, indem Fruchtknoten, Staubweg und Narbe als bestimmte Organe ganz wegfallen. Nennen wir jedes ausschliessliche Stengelorgan, welches Saamenknospen trägt, Saamenträger, so ist bei den Pflanzen mit unterständigen Fruchtknoten gar kein Fruchtknoten vorhanden, sondern ein becherförmiges *spermophorum*, wohl aber Staubweg und Narbe, oder doch eine Narbe; bei den Pflanzen mit Stengelpistill ist aber überall nur ein unächter Stempel, nämlich ein stempelähnlicher Saamenträger vorhanden. Als Analogie für diesen letzten werden wir später noch die Schuppe der Abietineen finden. Es ist auch leicht einzusehen, dass bei einer vollständigen Durchführung solcher Untersuchungen über alle Theile der Blüthe sich noch manche, jetzt zweifelhafte*** Verwandtschaft der Pflanzenfamilien ganz anders stellen, manche gewisse Verwandtschaft schärfer begründen und aussprechen lassen würde.

Der zweite Punkt, der hier wesentlich festzuhalten ist und dessen Einfluss auf die Lehre von der Fortpflanzung von der entschiedensten Wichtigkeit ist, betrifft den Zusammenhang der Fruchtknotenhöhle mit der Aussenwelt durch den Canal des Staubwegs. Dass Jemand über die Fortpflanzung durchaus keine, nur irgend zu berücksichtigende Ansichten haben, ja dass Keiner mit Hoffnung auf irgend brauchbare Resultate auch nur Untersuchungen über die Fortpflanzung anstellen kann, der diesen Punkt nicht vorher völlig ins Reine gebracht, scheint mir hier eben so klar, als für den Zoologen die Nothwendigkeit der Vorfrage, ob überall eine freie Passage zwischen Ovarium und Uterus und zwischen diesen und den äusseren Geschlechtstheilen stattfinde. Dass gleichwohl Leute, die in diesem Punkte auch nicht einmal versucht haben, ihre Ansichten durch eigene Untersuchungen festzustellen, es unternehmen, in der Lehre von der Fortpflanzung mitzusprechen und sogar neue Theorien aufzustel-

---

* *Calcutta Journal of Natural history, Vol. IV. pag.* 150 *ff.*

** Ich kenne nur die Beschreibung, nicht die von *Griffith* dazu gegebenen Abbildungen.

*** Wie wenig in dieser Beziehung noch feststeht, beweist jedes neu herauskommende systematische Werk; jedes würfelt die Familien nach einem andern, angeblich durchaus natürlichen System auf andere Weise zusammen.

len, Leute, die übrigens recht tüchtige Beobachter sind, wie z. B. *Hartig**, beweist, wie traurig überhaupt der Zustand der Wissenschaft ist, wie man im Allgemeinen noch so wenig begriffen, was zu einer wissenschaftlichen Betrachtung der organischen Naturkörper gehört. Dass dieser Vorwurf nicht den Einzelnen trifft, sondern die Gesammtheit, zeigt die Aufnahme, die solche Schriften finden. Wenn ein Zoologe eine neue Theorie der Erzeugung aufstellte und dabei behauptete, der Uterus sei ein rings-um geschlossener Sack, so würden alle Zoologen die Arbeit ohne Weiteres lächelnd bei Seite legen. Die Botaniker sind im Allgemeinen noch nicht einmal so weit, die Unerlässlichkeit der Erledigung einer solchen Vorfrage auch nur einzusehn, und deshalb circuliren solche Arbeiten, werden abgeschrieben, halb missverstanden zur Ausspinnung neuer Phantasien benutzt und die Wissenschaft bleibt immer auf demselben niedrigen Standpunkte stehen, auf dem sie sich in ewigem Kreise herumdreht. Männer wie *Rob. Brown*, *Mirbel*, *Brongniart*, *Meyen* schreiben völlig für die Vergessenheit, weil sie kein Publikum finden, welches der Beurtheilung ihrer Arbeiten gewachsen wäre; denn schön reden kann man über Vieles, aber wissenschaftliches Urtheil hat nur der über einen Gegenstand der Naturwissenschaften, der ihn aus eigenen Untersuchungen kennt, und wie Viele mögen unter den vielen hundert Botanikern Deutschlands sein, die nur einmal versucht haben, sich ein selbstständiges Urtheil über die Natur der Fortpflanzungsorgane durch die Untersuchung ihrer Bildungsgeschichte auch nur an einer einzigen Pflanze zu bilden? Würde man es heutigen Tags wohl einem Zoologen verzeihen, der nicht selbst einmal die Entwickelungsgeschichte des Hühnchens oder irgend eines andern Thieres vollständig zum Gegenstand seiner Beobachtung gemacht hätte, eine Aufgabe, die so schwierig ist, dass die Bildungsgeschichte eines Fruchtknotens nur als Spielerei erscheint?

Verfolgt man die Bildung irgend eines Fruchtknotens, so zeigt sich ohne Ausnahme, er mag entstanden sein, aus welchen Grundorganen er wolle, dass sich die Fruchtknotenhöhle stets nach Aussen öffnet, entweder unmittelbar, wenn nur eine Narbe (*stigma sessile*) vorhanden ist, oder durch den Canal des Staubwegs, der eben nur eine Fortsetzung der Fruchtknotenhöhle ist; denn stets bilden sich die Theile, aus denen der Stempel entsteht, als flache Gebilde aus. Beim eingliedrigen Stempel legen sich die Ränder aneinander und verwachsen so von Unten nach Oben zu einer continuirlichen, oben offenen Röhre; beim mehrgliedrigen Stempel legen sich die Theile mit ihren Rändern an einander und verwachsen so ebenfalls in eine oben offene Röhre; in beiden Fällen erweitert sich gewöhnlich erst später der untere Theil zur Fruchtknotenhöhle. Beim unterständigen Fruchtknoten bilden die Fruchtblätter auf dieselbe Weise eine mit der Fruchtknotenhöhle communicirende Röhre**. Mit Ausnahme der Asclepiadeen und Apocyneen, giebt es wahrscheinlich keine einzige Familie, bei der der ursprüngliche Canal des Staubwegs und die Oeffnung an der Narbe wirklich verwächst; bei den meisten ist dieser Canal noch am ausgebildeten Stempel als deutliche Röhre von nicht unbedeutendem Lumen zu erkennen und bis in die Fruchtknotenhöhle zu verfolgen. Bei den andern ist allerdings ein solches leeres lufterfülltes Lumen nicht mehr zu unterscheiden, aber vorhanden ist es immer noch und nur durch eine eigen-

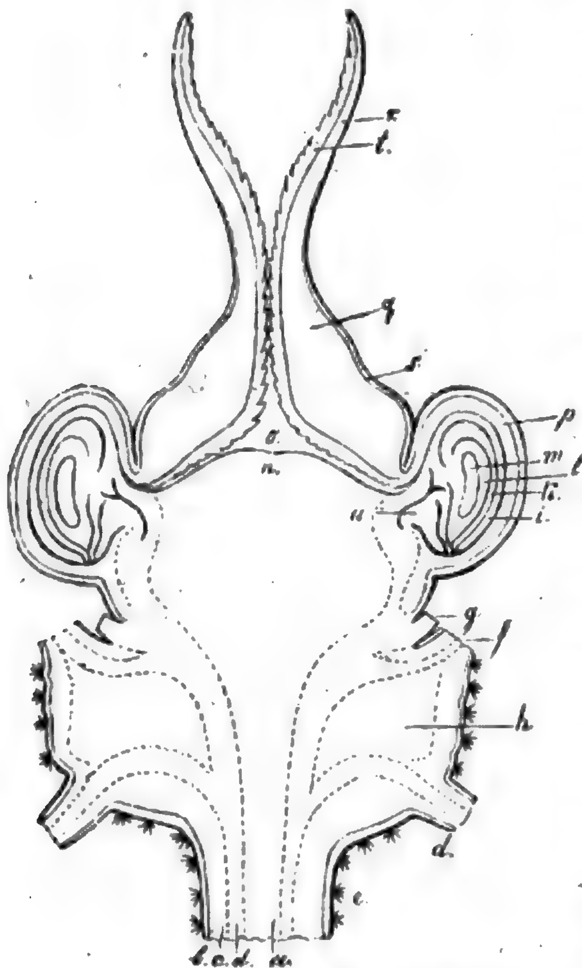
* Neue Theorie der Befruchtung u. s. w. Braunschweig 1842. Seite 7, 2.

** Ich will hier nur beiläufig bemerken, dass der Stylus niemals eine Fortsetzung der mathematischen Axe der Blüthe ist (wie *Link*, *Elem. phil.* [*ed. II.*] 217, sagt), sondern stets eine von der Wand der Fruchtknotenhöhle ausgehende Verlängerung der Höhle derselben. Die Untersuchung jeder Bildungsgeschichte des Fruchtknotens beweist das Gegentheil. Eben so wenig ist bei den Geraniaceen eine Fortsetzung der Axe (*Link ibid.*) vorhanden; die fünf Fruchtknoten entstehen gleich getrennt und frei und verwachsen unter einander, und niemals zeigt sich zwischen ihnen irgend ein fremdes Organ. Hunderte solcher Beobachtungen sind noch zu machen, denn wahrlich die Aelteren haben Alles gethan, um den Jüngeren die ganze Ernte der Entdeckungen ungeschmälert zu lassen, ohne dass wir Recht hätten, auf unsere Geschicklichkeit stolz zu sein. Wir thun nur, was längst hätte geschehen sollen; wir sehen zu, statt Worte zu machen.

thümliche Modification des begrenzenden Zellgewebes, wovon nachher zu sprechen ist, undeutlich gemacht. Wie gesagt, ist mir keine Ausnahme bekannt. Die meisten Monocotyledonen, die ich untersucht habe, haben eine ganz offene Röhre im Staubweg; unter den Dicotyledonen findet, z. B. bei *Viola*, *Euphorbia*, *Ricinus*, *Phytolacca*, den meisten Malvaceen, Cruciferen u. s. w., dasselbe statt. Bei den Orchideen erscheint allerdings die vor der völligen Ausbildung des Fruchtknotens offene und verhältnissmässig sehr weite Röhre zur Zeit des Blühens verschlossen, ist es aber in der That nicht. Selbst bei den Proteaceen, denen, wie ich glaube, *Treviranus* einmal sogar die Narbenfläche absprach, ist der Canal deutlich nachzuweisen.

Schliesslich will ich noch auf einige minder wesentliche Modificationen in der Form des Stempels und seiner Theile aufmerksam machen. Es dreht sich hier Alles um den Punkt, den ich der ganzen Morphologie vorausgeschickt habe, dass Dimensionsverhältnisse niemals den Begriff eines Organs bestimmen; dass daher die genannten drei Theile des Stempels sowohl fadenförmig, als platt, als massig, kugelig entwickelt vorkommen können, versteht sich von selbst. Daher sind kugelige (kopfförmige), blattartige, flache und dann ganzrandige, oder mannigfach zertheilte, oder trichterförmige, fadenförmige Narben u. s. w. fast gleich häufig; der Staubweg ist allerdings gewöhnlich fadenförmig, aber bei den Malvaceen z. B. kegelförmig*, bei *Iris* und *Canna* blumenblattartig. Die Formen der Fruchtknotenhöhle sind unendlich mannigfaltig, in der Regel freilich kugelig, eiförmig oder länglich. Eine eigene Form ist noch kürzlich zu erwähnen. Wenn nämlich der frühzeitig geschlossene mehrgliedrige Stempel sich vorzugsweise nur in seinem untern Theile, dem Fruchtknoten, und zwar einseitig ausdehnt, so tritt dieser Theil bauchig über den Abgangspunkt des Staubwegs hinaus, so dass letzterer nicht von der Spitze, sondern von der Seite, oder wohl scheinbar gar von der Basis des Fruchtknotens zu entspringen scheint; wo mehrere verwachsene Fruchtblätter auf diese Weise sich entwickelt haben, scheint der Staubweg zwischen ihnen aus dem Grunde der Blume hervorzukommen; man nennt dies einen *stylus gynobasicus*, der aber durchaus in nichts von dem *stylus lateralis* und *basilaris* einiger Ranunculaceen und Rosaceen unterschieden ist.

219.



Bemerkenswerth ist noch die Bildung bei einigen Malvaceen (*Malva*, *Althaea*, *La-*

219. *Lavatera sanvitellensis*. Längsschnitt durch die Blüthe. *a* Mark. *b* Oberhaut. *c* Rinde. *d* Gefässbündel des Blüthenstiels (*e*). *d*, *f*, *g* Reste des abgeschnittenen Aussenkelchs, des Kelchs der Krone und Staubfäden. *h* Eigenthümlich schwammiges Zellgewebe des Blüthenbodens. *i*, *k*, *l*, *m* Aeusseres, inneres Integument, Kern und Keimsack der Saamenknospe. *n* Flachhalbkugeliges Ende der Axe in der Blüthe. *p* Unterer, *q* mittlerer, *r* oberer Theil der Fruchtblätter, Fruchtknotenhöhle, Staubweg und Narben bildend. *s* Leitendes Zellgewebe, an welchem die Pollenschläuche bis in den gemeinschaftlichen Raum (*o*) hinabsteigen, von wo aus sie in die einzelnen Fächer des Fruchtknotens rechts und links vom Knospenträger, der eine unmittelbare Fortsetzung der Axe ist, eintreten.

* Eine kindische Spielerei mit Wortmachen hat hier den völlig überflüssigen Namen *modiolus* für den Staubweg erfunden.

vatera [219], *Malope* u. s. w.). Hier bildet die Axe der Blüthe in der Mitte derselben ein konisches oder flachhalbkugeliges (219, *n*) Zäpfchen (*gynophorum*), an welchem in einem einfachen (bei den meisten) oder geschlängelt auf- und ablaufenden Kreise (*Malope*) ein Quirl von Fruchtblättern (219, *q*) sich bildet, in deren Achseln eine oder zwei Saamenknospen (219, *i*, *k*, *l*, *m*) sich entwickeln. Die Fruchtblätter umfassen mit ihrem untern Theil (219, *p*) die Saamenknospen von Aussen und von den Seiten, und verwachsen so weit mit der Aussenfläche der eingeschlagenen Ränder untereinander; ein oberer Theil der Fruchtblätter (219 von der Saamenknospe bis *s*, *o*) (auf gleiche Weise verwachsend) bildet Halbcanäle, deren untere offene Seite auf dem Fruchtknotenträger ruht; endlich im obersten Theile verwachsen die Fruchtblätter theils mit den Rändern unter einander und bilden so Einen Staubwegcanal (219 von *s* bis etwas unterhalb *t*), theils bleiben sie unverwachsen und bilden die Narben (219, *t*). Hier ist eine ganz freie Communication von Aussen bis zu den Saamenknospen, die kaum irgendwo so leicht als hier zu verfolgen ist. Unbegreiflich ist mir, wie *Hartig** sagen kann: »Es giebt Fälle, in denen die Eier nicht im Innern des zur Saamenhöhle erweiterten Griffelcanals liegen, sondern von Zellenmassen vollkommen abgeschlossen sind, in denen gewissermaassen eine *parietas* (?!!) *extrauterina* stattfindet, wie bei den Malvaceen, bei Cruciferen, Campanulaceen und vielen andern Pflanzen, bei denen nicht einmal eine Verbindung der Eihöhle mit der Narbe durch besonderes leitendes Zellgewebe besteht.« Bei Campanulaceen und Cruciferen ist es zwar schon nichts weniger als schwer, den Canal von der Narbe in die Fruchtknotenhöhle zu verfolgen, aber bei den Malvaceen muss sich *Hartig* bewusst sein, dass er die Sache gar nicht, oder nur höchst oberflächlich untersucht hat.

Auch beim Stempel kommen symmetrische Formen vor, wenn auch seltener als bei den Blüthendecken. So bilden sich die Fruchtknoten am *spadix* von *Cryptocoryne spiralis* so schief aus, dass fast der ganze Umfang nur von der einen Seite gebildet wird, und die Narben, statt der Basis gegenüber zu liegen, ganz dicht an den *spadix* angedrückt sind, was eine ganz falsche Auffassung der Organisationsverhältnisse veranlasste. Andere Beispiele geben die Scrophularineen und verwandte Familien u. s. w. Eine seltsame, bisher nirgends erwähnte Form des Fruchtknotens zeigt auch *Celosia*; er ist hier, wenn man den langen Staubweg abschneidet, ganz wie ein vollkommener Hutpilz geformt, der Stiel enthält die Nabelschnur der (vielen) Saamenknospen, der Hut die Saamenknospen selbst.

§. 158.

Der Bau des Stempels ist nach seinem verschiedenen Ursprung, aber mehr noch nach specifischen Eigenthümlichkeiten verschieden. Wie jeder sich bildende Pflanzentheil, besteht er anfänglich aus gleichförmigem, zartem Parenchym, an dem sich ein Epithelium der äusseren und inneren Fläche unterscheiden lässt. Allmälig, aber zuweilen erst spät, in einigen Fällen niemals, bilden sich aus dem Parenchym die Gefässbündel hervor, bei dem einfachen Fruchtblatt gewöhnlich ein Hauptgefässbündel, der Mittelrippe des Blattes entsprechend, und zwei andere Gefässbündel an den Rändern des Blattes; bei vielgliedrigen, einfächerigen Fruchtknoten fehlen die letztern häufig. Selten sind die Gefässbündel auf ähnliche Weise wie im Blatte verästelt, was ziemlich natürlich aus der morphologischen Bedeutung folgt, denn Fruchtknoten und Staubweg entsprechen dem Scheidentheil und Blattstiel, in dem gewöhnlich nur ein oder wenige parallele Gefässbündel verlaufen; die Narbe dagegen entspricht der Blattfläche und ist so unausgebildet, dass sie in der Regel gar keine Gefässbündel enthält. Selten zeigen sich im Innern des Fruchtknotens interes-

* Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen, S. 10.

sante Modificationen des Zellgewebes. Doch kommen Oelgänge (Umbelliferen), Milchsaftgefässe, Krystalle führende Zellen u. s. w. hin und wieder vor. Das äussere Epithelium der äussern Fläche geht gewöhnlich bald in Epidermis, häufig mit Spaltöffnungen, über, unter denen sich etwas lockeres, fast schwammförmiges Parenchym zeigt. Die Oberfläche des Fruchtknotens zeigt hier alle möglichen Anhängsel der jugendlichen Epidermis, Haare, Stacheln, Drüsen u. s. w. Der Staubweg ist zuweilen mit Haaren besetzt, die man Sammelhaare *(pili collectores)* genannt hat, weil an ihnen der Blüthenstaub oft hängen bleibt. Bemerkenswerth sind die eigenthümlichen Haare am Staubweg vieler Campanulaceen, von denen schon früher die Rede war (S. 194 ff.). Sie haben vielen Phantasiespielen als Stütze gedient. Wichtiger ist die Ausbildung des Epitheliums der inneren Fläche, welches nur in der Fruchtknotenhöhle zuweilen zu einer wirklichen Epidermis (selten, wie bei *Passiflora* und einigen Cruciferen, mit Spaltöffnungen versehen) sich entwickelt, und der nächst darunter liegenden Schichten. Auf dem Stigma bildet es sich ganz oder zum Theil zu Papillen um, eben so zuweilen in dem Canal des Staubwegs, wenn dieser deutlich hohl ist, und oft auch in der Fruchtknotenhöhle längst des Saamenträgers bis zu den Saamenknospen, wo die Papillen häufig zu langen Haaren auswachsen. Alle diese Papillen sondern gewöhnlich zur Zeit der völligen Ausbildung des Stempels eine klebrige, Gummi und Zucker haltende Substanz, die Narbenflüssigkeit, ab. Eine ähnliche Substanz wird häufig in die Intercellulargänge der unmittelbar unter dem Epithelium der Narbe und des Staubwegs liegenden Zellenschichten abgesondert, und zwar oft in solcher Menge, dass die einzelnen Zellen völlig aus ihrem Verbande getrennt werden und ziemlich locker in diese schleimige, dickflüssige Substanz eingebettet liegen. Leicht ist dieser Process z. B. bei den Orchideen und Onagreen zu verfolgen. Das gesammte Epithelium, sobald es papillös geworden, sowie das lockere Zellgewebe sammt der abgesonderten Substanz, nennt man das leitende Zellgewebe *(tela conductrix, conductor fructificationis Horkel, tissu conducteur Brongniart)*. In seltenen Fällen, bei Asclepiadeen und Apocyneen, wo die obere Oeffnung des Staubwegcanals vollkommen verwächst, bildet sich von der Höhle des Staubwegs aus ein solches leitendes Zellgewebe durch die ganze Dicke der Wandung bis zur äussern Fläche. Bei den Asclepiadeen kommt noch eine eigenthümliche Absonderung an fünf Ecken des grossen, aus Verwachsung der Narben hervorgegangenen Körpers vor, aus welcher fünf drüsige, kaum organisirte Gebilde, je mit zwei Armen, von Viscin überzogen hervorgehen, und, wie schon bemerkt, die Pollenmassen beim Aufspringen der Antheren aufnehmen.

Von den hier erwähnten Verhältnissen ist nur das letzte, die Bildung des leitenden Zellgewebes, von wesentlicher Bedeutung. Diese aber ist abermals ein schlagender Beweis, wie haltungslos und unverstanden alle Untersuchungen und sogenannten Theorien bleiben, wenn sie nicht auf Entwickelungsgeschichte begründet sind. Schon *Brongniart** hatte erwähnt, dass die Narbe bei mehreren Pflanzen von einem structurlosen Oberhäutchen (*cuticula*) bedeckt sei, so namentlich bei *Nuphar*, *Nyctago*, *Hibiscus*. Hier war der Fehler von ihm begangen, dass er die Narben zu spät untersucht hatte, nachdem die abgesonderte klebrige Substanz bereits erhärtet war; zur Zeit des Aufblühens aber ist dieses angebliche Oberhäutchen eine dickliche, formlose Flüssigkeit. Bei den meisten Pflanzen hatte aber *Brongniart* diesen Stoff richtig für

* A. a. O. *Rob. Brown's* vermischte Schriften, herausgegeben von *Nees v. Esenbeck*, Bd. IV, S. 217 ff.

das erkannt, was er ist, obwohl er sein allmäliges Entstehen, als Absonderung der benachbarten Zellen, nicht beobachtet hatte. In neuester Zeit hat nun *Hartig** auf höchst mangelhafte Beobachtung dieser Substanz eine weitläufige, nicht bloss die Lehre von der Befruchtung, sondern selbst die Zellenbildung umfassende sogenannte Theorie gebaut, die in der That nichts als unvollständige Beobachtungen, noch dazu ungenau aufgefasst, enthält. Sein ganzes Gebäude stürzt, auf so schwache Stützen gebaut, augenblicklich zusammen, sobald man nur eine einzige Entwickelungsgeschichte des Fruchtknotens und seiner Theile genau verfolgt.

Die hier so wichtig werdende Flüssigkeit ist in der That nichts Anderes, als die schon früher (S. 229 ff.) abgehandelte Intercellularsubstanz, die sich hier nur dadurch unterscheidet, dass sie, viel wasserhaltiger und langsamer austrocknend, längere Zeit in dem flüssigen Zustande, in welchem sie abgesondert wird, verharrt. Beobachtet man z. B. an *Iris florentina* die Narbenpapillen aus einer entwickelten Knospe, so zeigen sie sich als längliche, sehr zartwandige Zellen, mit gewöhnlichem Zelleninhalt, nebst einigen Stärkekörnchen, in lebhafter, in Wandströmchen vertheilter Circulation. Alkohol und Säuren machen, wie bei allen frisch vegetirenden Zellen, den Inhalt gerinnen, und wie bei allen, vielen Schleim enthaltenden Zellen zieht sich der Inhalt in der Mitte der Zelle darmförmig zusammen; von einer Innenhaut ist hier gar nicht die Rede**. Bei der sich öffnenden Blume findet man, dass sich an der Spitze der Papille eine zarte Absonderung einer schleimigen Flüssigkeit zeigt; diese wird nach und nach zu einem, die ganze Spitze umhüllenden Mützchen und zieht sich allmälig herab, so dass sie die ganze Papille einnimmt. Dies ist *Hartig's* äussere Haut. Sind die Papillen aber sehr wenig entwickelt, wie bei den von *Brongniart* genannten Pflanzen, so fliessen die Absonderungen der einzelnen Zellen zusammen und bilden so eine unorganisirte Schicht auf der Narbenfläche und selbst auf der ganzen Wand des Staubwegcanals. Dies ist die *cuticula* von *Brongniart* und *Hartig*, die aber im jüngsten Zustand eine zähe, klebrige, fadenziehende Flüssigkeit und keine Membran ist und sich auch deutlich durch ihre Entstehung als Absonderung zu erkennen giebt. Sie ist im Wesentlichen identisch mit der Absonderung auf der Epidermis (S. 231) und unterscheidet sich nur, wie es scheint, in ihrer chemischen Zusammensetzung von derselben, indem sie mehr Gummi und Zucker, diese mehr Gallerte und oft Wachs und Harz enthält. Uebrigens ist sie in ihrer chemischen Natur bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, oft ganz dünnflüssig, z. B. bei den Lemnaceen, wo sie fast nur eine concentrirte Auflösung von oxalsaurem Kalk mit ein wenig Gummi und Zucker zu sein scheint, am dicksten und zähesten und wahrscheinlich Pflanzengallerte enthaltend bei *Nuphar*, wo sie sehr bald zu einer dicken, sehr derben Membran eintrocknet. Da wo sich die Absonderung nicht bloss auf die Oberfläche beschränkt, sondern auch die Intercellular-Gänge und -Räume der nächsten Zellenschichten betrifft,

---

* Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen, Braunschweig 1842.

** *Hartig* nimmt bei den Stigmapapillen drei Membranen an. Von der äussern will ich sogleich reden, die mittlere ist die eigentliche Zellenmembran, die innere aber existirt gar nicht und ist nur die oben erwähnte Erscheinung. In seinem Lehrbuche der Pflanzenkunde, Heft 4. hat nun *Hartig* diese verkehrte Ansicht sogar auf die Oberhaut der Pflanzen angewendet, aber aus gänzlicher Unkenntniss der Bildungsgeschichte noch mehr verwirrt. Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass bei allmälig sich ablagernden, gallertartigen Verdickungsschichten im Innern der Zellen die innerste oft unlöslicher ist, als die andern, und zwar ganz natürlich aus demselben Grunde, weshalb die äussere Schicht der Stärkekörner unlöslicher ist, als die inneren, weil nämlich die in der Zelle enthaltenen Stoffe, Wachs, Eiweiss u. s. w., diese Schicht, mit der sie beständig in Berührung sind, imprägniren. In denen von *Hartig* angeführten Fällen der Oberhautzellen ist nur die äussere Membran die wirklich ursprüngliche Zellenmembran, alle übrigen sind später abgelagerte Verdickungsschichten, von denen nur die innerste wegen der eingedrungenen Stoffe unlöslicher ist und sich natürlich auch gegen Auflösungsmittel und Reagentien anders verhält, als die andern.

ist, wie es scheint, die abgesonderte Substanz allenthalben identisch. Durch diese Absonderung werden die einzelnen Zellen, die früher ein völlig dichtes Zellgewebe bildeten, völlig von einander isolirt.

Gewöhnlich sind diese unter dem Epithelium liegenden Zellen* etwas länglich spindelförmig (z. B. Orchideen, Onagreen) und etwa vier- bis fünfmal so breit, als die später zu erwähnenden Pollenschläuche. Bei den Cucurbitaceen sind es ganz kleine rundliche, bei den Campanulaceen und einigen andern ziemlich lange Zellen, die aber selten eine halbe pariser Linie überschreiten und stets durch zwei- bis dreifach stärkere Durchmesser von den Pollenschläuchen zu unterscheiden sind. Man hat sie hin und wieder Schleimröhren genannt, weil man sie, in Folge mangelhafter Beobachtung, mit den später zu erwähnenden Schleimröhren (*mucous tubes*) von *Rob. Brown* vermengte, mit denen sie nichts zu thun haben.

Etwas auffallendere Formen des leitenden Zellgewebes sind auch wohl mit höchst überflüssigen eigenen Namen belegt worden. So erstreckt sich bei den Plumbagineen von der innern Oeffnung des Staubwegcanals bis in den dicht darunter liegenden äussern Knospenmund ein kleiner Strang solchen Zellgewebes, den man Stempel (*embolus*) genannt hat; bei *Linum*, *Euphorbia* und *Ricinus* sind die Papillen dieses Gewebes ganz lang haarförmig und erstrecken sich so ganz dicht über den Knospenmund und in diesen hinein. Dabei sind sie bei *Ricinus* prachtvoll roth gefärbt; *Mirbel*** hat sie von *Euphorbia* viel zu steif und gedrechselt als einen festen Körper, den er *éteignoir* nennt, sowie jenen *embolus* zuerst abgebildet. Aehnliches Zellgewebe prachtvoll goldgelb kommt bei *Phytolacca* vor, auch bei fast allen Portulaceen wird der Knospenmund dicht von langem, haarförmigem, leitendem Zellgewebe eingehüllt.

Etwas ausführlicher will ich hier noch den immerhin wunderlichen Bau der Apocyneen und Asclepiadeen darstellen, der von jeher eine *crux botanophilorum* gewesen ist und über den Niemand als *Rob. Brown**** etwas Brauchbares gesagt hat, weil er der Einzige war, der zusah, wie sich die Theile bilden. Mit grossem Fleisse habe ich alle hierher gehörigen Pflanzen, die ich mir verschaffen konnte, untersucht, kann aber höchstens in kleinen Nebenpunkten der ausgezeichneten Arbeit *Rob. Brown's* etwas zusetzen. In der Anlage der Blüthe entstehen zwei kleine blattartige (?) Organe, die sich zusammenbiegen und jedes für sich mit den Rändern verwachsen und so zwei gerade Röhren bilden. Schon früh verwachsen sie bei den meisten Apocyneen unter einander, selten, wie bei *Apocynum*, bleiben sie im untern Theile frei. Der obere Theil dagegen, der sich schon früh fleischig verdickt und bald an Masse bei weitem den untern übertrifft, verwächst bei beiden Familien so vollkommen, dass man später in dem homogenen Zellgewebe die ehemaligen Grenzen nicht mehr bestimmen kann. Während sich nun der untere Theil allmälig zum Fruchtknoten und zu einem kurzen Staubweg entwickelt, während sich Saamenträger und Saamenknospen ausbilden, geht im obern Theile eine eigenthümliche Veränderung vor sich; der anfänglich noch offene Canal verwächst nämlich ebenfalls vollständig, ohne im Innern eine Spur zurückzulassen****. Der ganze Körper nimmt die specifische Form an, die bei den Apocyneen gewöhnlich einen kurzen Cylinder, der nach Oben kegelförmig zuläuft, bei

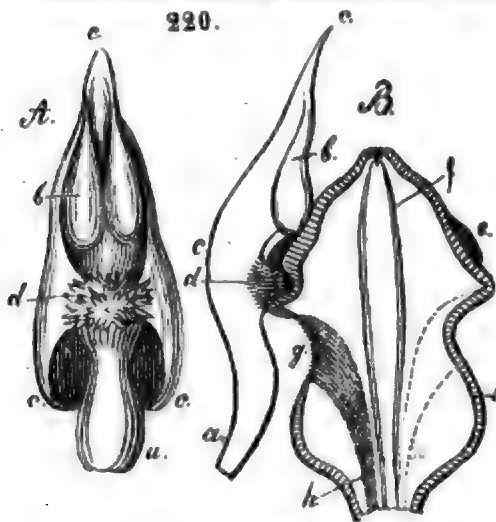
* Die Epitheliumzellen sind meist von den darunter liegenden Zellen in der Form verschieden und in früheren Zuständen deutlich zu erkennen; bei der Lösung der Zellen werden auch die Epitheliumzellen in der schleimigen Flüssigkeit zerstreut und sind nur schwer einzeln aufzufinden.

** Ueber Entwickelung des Pflanzenei's vgl. *Rob. Brown's* vermischte Schriften, herausgegeben von *N. v. Esenbeck*, Bd. 4, S. 528 ff. Taf. 5. Fig. 12 u. 17.

*** Wie man nach *Rob. Brown's* Arbeiten noch so unbeholfene Vorstellungen im Geiste des vorigen Jahrhunderts vorbringen kann, wie *Link l. c. II.*, 231, ist wahrlich nur auf eine Weise erklärlich, dass gründliches Studium fremder Arbeiten überall noch nicht in dem Geiste der Botanik liegt.

**** Auf der obern Fläche markiren sich häufig zwei punktförmige Vertiefungen als die Spuren des verwachsenen Canals, z. B. bei den Stapelien.

den Asclepiadeen dagegen gewöhnlich ein kurzes pentagonales Prisma, nach Oben ebenfalls konisch zulaufend vorstellt.



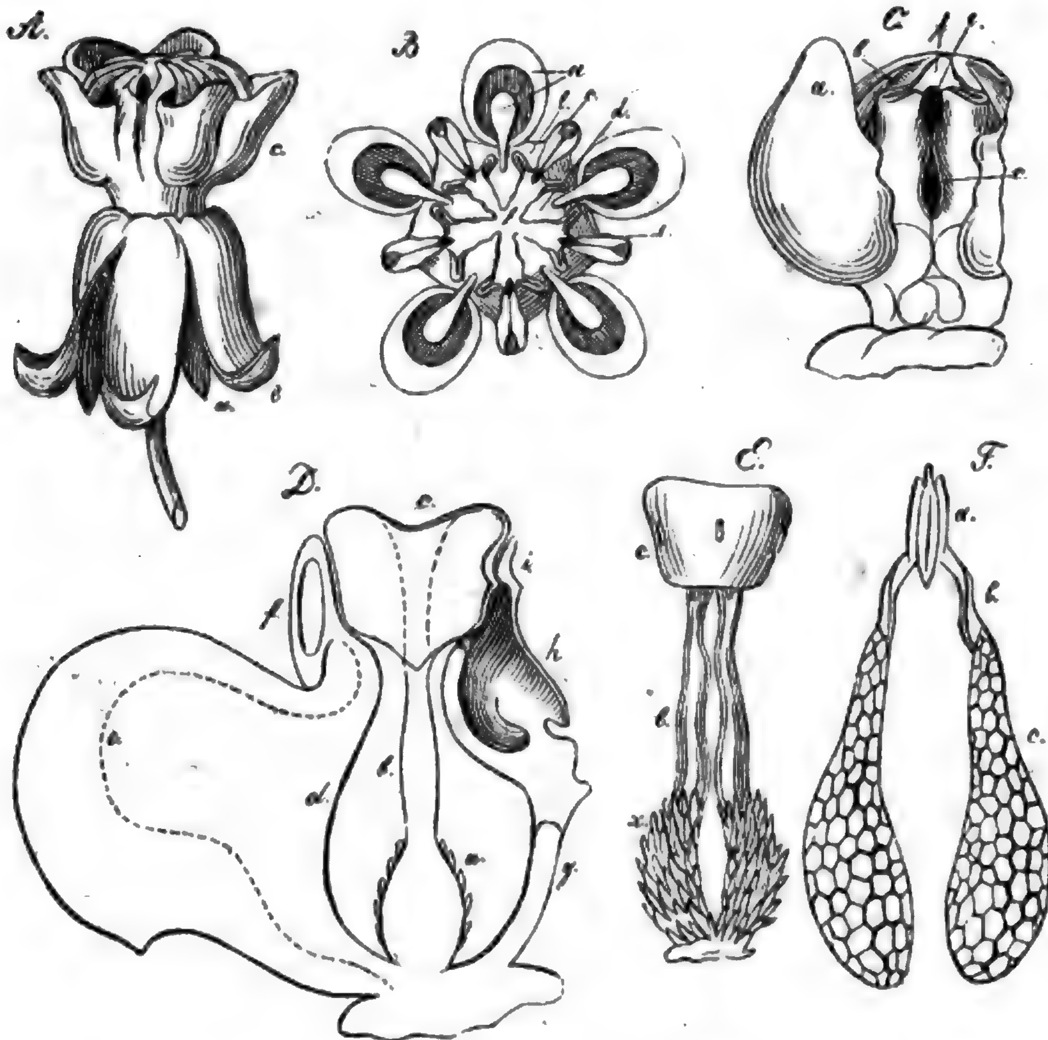
1. Bei den Apocyneen (220) bildet sich an oder etwas über dem untern oder obern Rande des Cylinders ein hautartiger, länger (*Vinca*) oder kürzer (*Apocynum*) (220) hervortretender, oft festonartig ausgezackter (*Cerbera*) Rand, oberhalb dieses Randes, oder in den Ausschnitten desselben, oder an einigen Haarbüscheln nach specifischen Verschiedenheiten, beginnt dann eine Absonderung von Viscin, durch welches die Haarbüschel und Vorsprünge an den Trägern der Staubfäden und die Basen der Antheren fest an den Narbenkörper angeklebt werden. Auf dem ganzen Körper hat sich allmälig eine deutliche Epidermis ausgebildet, nur nicht dicht unterhalb des Randes (oder bei *Vinca* dicht oberhalb desselben [?]). Hier beginnt dagegen die Aussonderung der Narbenflüssigkeit (*g*) und diese setzt sich dann in bogenförmigen Streifen durch die ganze Dicke des Narbenkörpers fort (*g*, *h*) bis in die Höhle des Staubwegs und bildet so ein leitendes Zellgewebe, welches die Dicke des ursprünglichen Fruchtblattes (?) durchbricht, um in die Fruchtknotenhöhle zu gelangen.

2. Bei den Asclepiadeen (221) bildet sich ebenfalls eine ziemlich derbe Oberhaut über den ganzen Narbenkörper aus. An den fünf Kanten desselben nimmt sie eine eigenthümliche Form an, indem die Zellen derselben sich senkrecht auf die Fläche sehr in die Länge strecken (ähnlich auch bei *Apocynum* an fünf Stellen oberhalb des Randes). Unmittelbar unter diesen fünf Stellen bleiben fünf Punkte ohne ausgebildete Oberhaut, indem sich von diesen fünf Stellen aus, auf dieselbe Weise wie bei den Apocyneen, fünf Stränge leitendes Zellgewebe bis in den Canal des Staubwegs bilden. Auf jenen fünf darüber liegenden Stellen der eigentlich modificirten Oberhaut beginnt nun bei den Asclepiadeen und bei *Apocynum* schon früh die Absonderung einer eigenthümlichen, viscinähnlichen, klebrigen Substanz, und in derselben erscheinen ganz verschiedene Formen; bei *Apocynum* fünf kleine, flach rundliche Kissen bildend, bei den Asclepiadeen etwas längliche, in der Mitte gefurchte und in völliger Ausbildung mit zwei vom obern oder untern Ende abgehenden Armen versehene Körperchen darstellend, die bei verschiedenen Arten und Geschlechtern mannigfache kleine unwesentliche Verschiedenheiten zeigen. Dieses Körperchen ist der darunter liegenden, so auffallend scharf und deutlich entwickelten Oberhaut nur aufgeklebt, anfänglich grün, wird dann allmälig gelb und zuletzt dunkelbraun. Seine Structur ist nur sehr undeutlich zellig, vielleicht gar nicht. Sein Ursprung ist noch keineswegs völlig ermittelt, denn die Untersuchungen sind die schwierigsten, die ich kenne; nach einigen Beobachtungen an *Gomphocarpus* und *Hoja* möchte ich fast schliessen, dass die äussersten Ränder der flügelartigen Anhängsel der Antheren schon früh sich hier anlegten, festklebten und später von der Anthere abgerissen würden, so dass jeder Körper aus dem Zusammenkleben zweier Fetzen von zwei verschiedenen Antheren entstände. So

220. *Apocynum androsaemifolium*. *A* Staubfaden, von der innern Seite gesehen. *a* Träger. *b* Staubbeutelsäckchen. *c*, *c*, *c* Mittelband, oben in eine Spitze verlängert, an den Seiten und nach Unten mantelartig ausgebreitet. *d* Haarbüschel, zwischen dem sich Viscin absondert, wodurch der Staubfaden an dem Narbenkörper festgeklebt wird. *B* Längsschnitt durch den Narbenkörper und einen Staubfaden. *a* Träger. *b* Staubbeutel. *c* Mittelband. *d* Haarbüschel, an den Narbenkörper angeklebt. *e* Drüsenartiges Körperchen, welches auf der scharf ausgeprägten Oberhaut (*i*) des Narbenkörpers aufliegt. *f* Gefässbündel, an der äussern Seite desselben verlief der ursprüngliche jetzt obliterirte Staubwegcanal. *g*, *h* Leitendes Zellgewebe, welches sich vom ursprünglichen Staubwegcanal (von *h* abwärts) aus durch die Dicke des Fruchtblattes (von *h* aufwärts) gebildet hat und bei *g* eine Narbenfläche bildet.

viel ist gewiss, dass sie niemals mit den Ecken des Stigmakörpers organisch verbunden sind, denn die schon vor ihrem ersten Erscheinen deutlich gebildete Oberhaut läuft ganz gleichförmig und unverletzt unter ihnen weg. Höchstens könnte man, obige Ansicht verwerfend, sie als halborganisirte Absonderungspunkte ansehen. Zur Zeit des Aufspringens der Antheren liegen sie immer so, dass das eine, meist das obere (bei den Stapelien das untere) Ende der Pollenmasse sogleich mit einem Arm dieser Körperchen in Berührung kommen muss und dort festklebt. Was mir bis jetzt eben-

221.



221. *A, B, C Asclepias syriaca. A* Ganz geöffnete Blume. *a* Kelchblätter. *b* Blumenblätter. *c* Staubfäden. *B* Dieselbe von Oben gesehen. *a* Kapuzenförmiger Anhang auf dem Rücken des Staubbeutels. *b* Flügelartige Anhänge der Staubbeutel, welche zurückgeschlagen eine Art von Schilderhäuschen (*c*) bilden. *d* Kammartige Verlängerung des Staubbeutels, welche fest dem Narbenkörper (*f*) aufliegt. *e* Drüsenähnliche Körper, welche, fünf an der Zahl, mit den fünf Staubfäden abwechseln und auf der Oberhaut des Narbenkörpers aufgeklebt sind. *C* Ein Theil der Fortpflanzungsorgane aus einer ganz kleinen Knospe. *a* Kapuze. *b* Daraus hervortretender Sporn. *c, e, f* wie vorher.

221. *D, E, F Gomphocarpus fruticosus. D* Längsschnitt durch die Fortpflanzungsorgane aus einer sehr jungen Knospe; der Schnitt geht zwischen beiden Fruchtknoten und an der rechten Seite zwischen zwei Staubfäden durch und halbirt nach oben den Narbenkörper, links einen Staubfaden und rechts bei *g* die aus dem Verwachsen der Träger gebildete Röhre. *a* Fruchtknoten. *b* Staubweg. *c* Halber Narbenkörper. *d* Träger des durchschnittenen Staubfadens. *e* Gefässbündel desselben. *f* Antherenhälfte. *g* Durchschnittene Staubfadenröhre. *h* Flügelartiger Anhang des Staubbeutels, so weit derselbe das Schilderhäuschen bildet. *i* Der halbirte drüsenähnliche Körper, auf der derben Oberhaut, die unter demselben sogar auffallend verdickt ist, aufliegend, und als unmittelbare obere Fortsetzung des flügelartigen Anhangs der Anthere erscheinend. *E* Der Stempel frei präparirt. *a* Zwei Fruchtknoten. *b* Zwei Staubwege. *c* Ein Narbenkörper, an welchem drei der drüsenartigen Körperchen sichtbar sind. *F* Drüsenähnlicher Körper (*a*) mit den beiden Armen (*b*) und den daranhängenden Pollenmassen (*c*) aus einer vollkommen entwickelten Blume.

falls noch unmöglich war, zu entscheiden, ist, ob die fünf Stränge leitenden Zellgewebes ungleich vertheilt (zu zwei und drei) in die beiden Staubwege eintreten, oder ob sie sich kurz vorher zu einem Kreise vereinen, der dann in zwei gleiche Theile an die Staubwege vertheilt wird.

---

b. *Von dem Saamenträger.*

§. 159.

Da die Saamenknospe einer Knospe entspricht, die eben unmittelbar aus einem Stengel hervorgeht, so kann natürlich gar häufig von einem Saamenträger als besonderem Organ gar nicht die Rede sein, wenn nämlich die Axenorgane, aus denen die Saamenknospen entspringen, schon anderweitig als Organe bestimmt und bezeichnet sind. In diesem Falle versteht man unter Saamenträger nur die Region, in welcher die Saamenknospen befestigt sind, und im einfachsten Falle kann diese sich auf die Basilarfläche einer einzigen Saamenknospe beschränken, z. B. bei *Taxus*. Es können aber auch die Stellen eines Axengebildes, welche Saamenknospen tragen, so hervortretend gebildet sein, dass man sie als besondere Theile dieses Axenorgans recht wohl unterscheiden kann*, oder es kann ein besonderes Stück der Axe, welches noch nicht anderweitig als Organ bestimmt ist, ausschliesslich der Production von Saamenknospen bestimmt sein. So erhalten wir folgende Verschiedenheiten: *a)* Saamenträger als blosse Oertlichkeit an einem andern Organ; *b)* Saamenträger als unterscheidbarer Theil eines selbstständigen Organs; *c)* Saamenträger als selbstständiges Organ. Diese haben wir nun mit dem verschiedenen Vorkommen und den verschiedenen Formen der Fruchtknoten zu vergleichen.

1. Wo ein Stempel gänzlich fehlt, wie bei Cycadeen, Coniferen und Loranthaceen, haben wir leider auch noch so wenig Material für die Entwickelungsgeschichte, dass wir nur nach Anleitung der bei gut untersuchten Pflanzen gefundenen Gesetze** erklärende Vermuthungen wagen können. Danach stellt sich die Sache so:

a. Die nackte Saamenknospe als unmittelbare Endung der Blüthenaxe, also ohne unterscheidbaren Saamenträger, finden wir bei *Taxus*, *Ephedra, Podocarpus, Dacrydium* und den Loranthaceen.

b. In der Achsel eines Deckblattes (bei *Pinus, Larix, Abies, Gingko)*, oder ohne Deckblatt (bei *Zamia, Araucaria, Agathis)*, bildet sich ein Zweig, welcher als selbstständiger Saamenträger die Saamenknospe trägt. Dieser Saamenträger ist flach und trägt viele Saamenknospen an seinen Rändern bei *Cycas;* schuppenförmig und trägt ein (bei *Agathis* und *Araucaria*) oder zwei Saamenknospen (bei *Zamia, Pinus, Larix, Abies*) auf seiner obern Fläche; oder stengelartig verästelt und trägt auf der Spitze jedes Zweiges eine Saamenknospe (bei *Gingko*).

Ueber die andern Coniferen, besonders aus der Gruppe der Cupressineen, z. B. *Juniperus, Cupressus, Thuja* u. s. w., wage ich beim Mangel der Entwickelungsgeschichte oder genügender Analogien auch nicht einmal eine Vermuthung auszusprechen.

---

* Etwa wie die vorspringenden Rippen am *Echinocactus*- und *Melocactus*-Stamm.

** Von den genannten Familien habe ich bis jetzt nur die Entwickelungsgeschichten von *Abies, Taxus* und *Viscum* so vollständig, dass sie kaum einen Zweifel mehr übrig lassen.

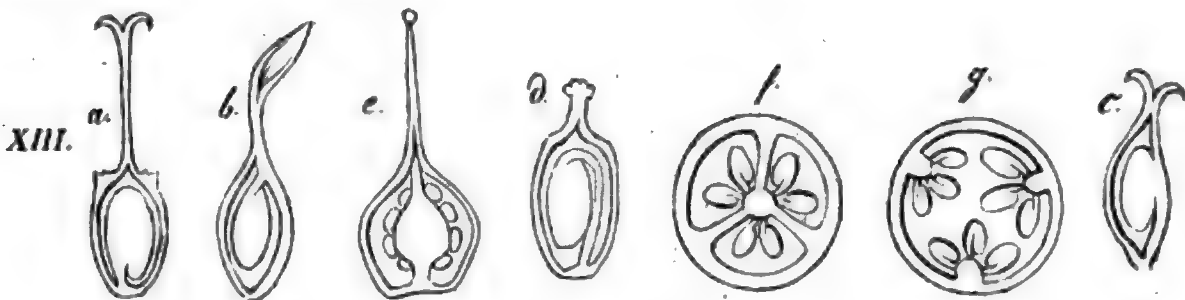
2. Bei dem oberständigen Fruchtknoten muss zu den Fruchtblättern stets noch ein Axenorgan als Träger der Saamenknospe hinzutreten.

3. Beim halb und ganz unterständigen Fruchtknoten ist allemal die Blüthenaxe selbst in der Form des unterständigen Fruchtknotens auch der Träger der Saamenknospe.

4. Endlich bei dem oberständigen Stengelfruchtknoten und Stengelpistill ist es immer die Blüthenaxe, welche die Saamenknospe trägt. Bei dem ersten bilden sich drei hervorragende Reihen als Saamenträger aus; beim zweiten sind es die sich ein wenig nach Innen biegenden Ränder der flach ausgebreiteten Aeste, an denen sich die Saamenknospen bilden. Diese Ränder können auch hier nur einen schwachen Vorsprung bilden (*spermophorum parietale* bei Leguminosen), oder sich ganz hineinschlagen, indem sie mit ihren äussern, einander zugekehrten Flächen verwachsen, so dass je zwei Saamenknospen tragende Ränder sich im innern Winkel jedes Faches befinden (*gemmulae angulo loculorum interno affixae*, z. B. Liliaceen).

5. Ausser diesen Fällen kommt noch ein ganz abnorm scheinendes Verhältniss vor, indem nämlich die ganze Fläche der Scheidewände mit Saamenknospen besetzt ist, z. B. bei *Butomus, Hydrocharis, Stratiotes, Nymphaea* und *Nuphar*.

Dies sind alle mir bekannt gewordenen Fälle der Bildung des Saamenträgers. Für die Beschreibung sind die unter 2—4 angeführten Fälle einfach so zu bestimmen:



A. Eine Saamenknospe in jedem Fruchtknoten.
a. Am Grunde befestigt (*gemmula basilaris*), Compositen.
b. Hängend (*gemmula pendula*), Typhaceen.
c. An der Wand befestigt (*g. lateralis*), Gramineen.
d. Von einem freien centralen Saamenträger herabhängend (*g. e spermophoro centrali libero pendula*), Plumbagineen.

B. Mehrere Saamenknospen in jedem Fruchtknoten.
e. An einem freien centralen Saamenträger befestigt (*g. spermophoro centrali libero affixae*), Primulaceen.
f. In einem Winkel der Fruchtknotenfächer befestigt (*g. angulo interno loculorum affixae*), Irideen.
g. An wandständigen Saamenträgern befestigt (*g. spermophoro parietali affixae*), Orchideen.

Folgendes ist noch im Allgemeinen über seine Form zu bemerken. Der freie Saamenträger kann, wie die Axe selbst, in verschiedener Gestalt vorkommen, kegelförmig, kugelig, als gestielte Kugel, cylindrisch, prismatisch, geflügelt u. s. w. Der angewachsene Saamenträger, sobald er als vorspringende Leiste zu unterscheiden ist, kann einfach an einer freien Kante Saamenknospen tragen, oder sich in

zwei Platten spalten, die oft sehr breit sind (z. B. bei *Begonia, Gesneriaceae; spermophorum bilamellatum, bifidum)*; auch kann jede Lamelle sich noch einmal spalten, so dass der Saamenträger vier Saamenknospen tragende Ränder hat, z. B. bei *Martynia diandra*. Eigen ist die Bildung bei den Cucurbitaceen, bei denen die wandständigen Saamenträger bis in die Axe reichen, hier zweiblättrig werden, diese Blätter, von je zwei Saamenträgern an einander liegend, wieder bis an die Wand der Fruchtknotenhöhle zurückschlagen, so noch eine falsche Scheidewand in den schon durch falsche Scheidewände gebildeten Fächern bilden, dann sich jedes an seiner Seite wieder in das secundäre Fach hineinbiegen und am freien Rande die Saamenknospen entwickeln. Er kann ferner anfänglich eine dünne Platte sein, deren Rand aber zu einer mehr oder weniger dicken Leiste anschwillt, die selbst noch wieder kantig, geflügelt u. s. w. sein kann. Es ist ferner gar nicht selten, dass die Substanz des Saamenträgers zwischen den Saamenknospen sich stärker ausdehnt, so dass sie mit ihrer Basis oder ganz in kleinen Grübchen des Parenchym sitzen, wie besonders häufig bei den Primulaceen der Fall ist.

Endlich, seinen Bau betreffend, besteht er gewöhnlich aus zartwandigem Zellgewebe mit Epithelium überzogen, und nur wenn er nackt vorkommt (wie bei Coniferen), aus derben, porös verholzten Zellen mit deutlicher Epidermis; je nach seiner Form wird er von einem oder mehrern Gefässbündeln ähnlich einer einfach gebauten Axe durchzogen, welches gemeiniglich so viele Seitenäste abgiebt, als Saamenknospen vorhanden sind; es sei denn, dass diesen die Gefässbündel fehlen, wie bei Orchideen u. s. w. Zuweilen ist er im Innern sehr locker, von schwammförmigem Zellgewebe, mit grossen Intercellularräumen (z. B. bei einigen Cruciferen, *Capsella* u. s. w.).

Ich will hier noch einige Bemerkungen an das im Paragraphen Vorgetragene knüpfen und folge dabei seinen Abtheilungen.

Ad 1. Schon *Rob. Brown* hatte unwiderleglich aus dem Bau der Saamenknospen erwiesen, dass die Coniferen und Cycadeen nackte Saamenknospen haben. Die Entwickelungsgeschichte der Saamenknospe, durch welche man gar leicht eine Knospenhülle von einem Fruchtknoten unterscheidet, bestätigt diese Wahrheit. Weiter aber war dieser grosse Forscher nicht gegangen und nahm daher die allerdings blattähnlichen Schuppen für ein offenes Fruchtblatt, um so mehr, als damals noch die Ansicht ganz allgemein angenommen war, dass sich die Saamenknospen an den Rändern von Blattorganen bildeten. Sobald aber durch die Entwickelungsgeschichte unzweifelhaft nachgewiesen war, dass wenigstens bei einer grossen Anzahl von Pflanzen die Saamenknospen ganz unmöglich an einem Blattorgan entstanden sein können, sondern unmittelbar von einem Axenorgan getragen werden*, verlor das alte Vorurtheil allen Werth, und es entstand für jede einzelne Pflanzengruppe die Frage: Ist der Theil, der die Saamenknospe trägt, ein Axenorgan oder ein Blattorgan? Woher nun die Entscheidungsgründe nehmen? Folgendes bietet sich hier zur Leitung des Gedankenganges an: 1. Entsteht im regelmässigen Gange der Vegetation niemals an einer bestimmten Stelle eines Blattes gesetzmässig eine normale Knospe; wo Knospen gesetzmässig an bestimmter Stelle sich bilden, ist die Grundlage immer eine Axe. Alle Fälle, die man dagegen anführt, sind Vorgänge, die unter Verhältnissen stattfinden, die der normalen Vegetation der Pflanze fremd sind, und auf diese allein dürfen wir bauen. 2. Im ganzen Gebiete der Pflanzenwelt bildet sich niemals ein ein-

* Hierher gehören mit leicht zu verfolgender Entwickelungsgeschichte: *Taxus* und *Viscum*, von denen man die Behauptung gleichen Ursprunges der Saamenknospe unbedenklich auf *Ephedra, Podocarpus, Dacrydium* und auf die übrigen Loranthaceen übertragen darf.

faches Blatt in der Achsel eines andern Blattes; was in einer Blattachsel entsteht, ist allemal ein Axenorgan mit mehr oder weniger ausgebildeten Blättern. 3. Blatt und Axe lassen sich auf keine Weise nach äussern Formverhältnissen unterscheiden, sondern einzig und allein durch ihren Entwickelungsprocess; daher kann über Blatt- oder Axennatur eines zweifelhaften Organs, ausser den unter 1 und 2 erwähnten Analogien, nur die Entwickelungsgeschichte, diese aber auch mit sicherem Abschluss entscheiden.

Nun finden wir, dass sich bei *Abies* in der Achsel eines Blattorgans ein anderes Organ zeigt, welches gerade wie ein Axenorgan sich bildet und später an sich Knospen (Saamenknospen) entwickelt. Dieses Organ ist also nicht ein Fruchtblatt, sondern ein freier Saamenträger. Haben wir dieses Resultat mit Sicherheit erhalten, so können wir nun mit grosser Zuversicht die meisten andern Coniferen und Cycadeen nach Analogie beurtheilen. Hiernach erscheint die weibliche Blüthe von *Cycas* und *Abies* nur dadurch unterschieden, dass dort der Saamenträger mehrere nicht umgedrehte Saamenknospen trägt. Hierbei ist vorausgesetzt, dass auch er sich aus einer Blattachsel erhebt, was leider von keinem Botaniker, der Gelegenheit dazu hatte, beachtet ist.

Ad 2. Hier sind folgende Fälle möglich.

a. Die Blüthenaxe selbst trägt als Terminalknospe eine Saamenknospe, entweder ohne dass sie in der Fruchtknotenhöhle als besonderes Organ (Saamenträger) zu unterscheiden ist (*gemmula basilaris*, z. B. *Zea Mays*), oder sich in der Fruchtknotenhöhle zu einem freien, centralen Saamenträger verlängernd (*gemmula ex apice spermophori centralis liberi filiformis pendula*, z. B. *Statice*).

b. Die Blüthenaxe trägt in der Fruchtknotenhöhle als centraler Saamenträger mehr oder weniger verlängert die Saamenknospen als Seitenknospen (*gemmulae angulo interno loculorum affixae* zum Theil, und das *spermophorum centrale* der beschreibenden Botanik, z. B. Ericeae); sind nicht mehr Saamenknospen als Fruchtblätter vorhanden, so erscheinen jene als die Axillarknospen dieser (z. B. *Lavatera*), sonst sind sie ohne stützende Blätter (z. B. bei Labiaten und Borragineen). Schlagen sich dann die Ränder der Fruchtblätter nicht nach Innen und verwachsen nicht mit dem Saamenträger, so steht dieser frei in der Mitte der Fruchtknotenhöhle (*spermophorum centrale liberum*, z. B. bei Primulaceen).

c. Die Blüthenaxe verästelt sich in der Fruchtknotenhöhle und die Zweige (Axillarzweige der Fruchtblätter) biegen sich gleich bei ihrem Ursprunge seitwärts und verwachsen mit den Rändern je zweier Fruchtblätter auf ihrer innern Seite als wandständige Saamenträger (*spermophora parietalia*), die Saamenknospen als Seitenknospen tragend (z. B. bei Resedaceen, Cruciferen). Hier können die Saamenträger entweder so gleichförmig mit den Fruchtblättern verwachsen, dass sie nicht als besonderes Organ mehr zu unterscheiden sind, oder sie können mit dem Saamenknospen tragenden Rande nach der Höhle zu vorragen, auch in der Axe derselben zusammenstossen und unächte centrale Saamenträger bilden, oder endlich, sie können zwischen den Saamenknospen in eine nackte Lamelle sich ausdehnen, sich im Innern der Fruchtknotenhöhle berühren, hier mit einander verwachsen und falsche Scheidewände bilden (z. B. bei den Cruciferen).

Bei den oberständigen Fruchtknoten finden wir eine grosse Menge von Pflanzen, bei denen schon aus der Stellung der Saamenknospen ihr unmittelbarer Ursprung aus reinem Axenorgan folgt, was denn auch entschieden von der Entwickelungsgeschichte bestätigt wird. Ich nenne hier nur folgende, von mir selbst in der Entwickelung beobachtete Pflanzen*, für die ich daher bürgen kann: *Amarantaceae*, *Ardisiaceae*, *Aponogeton*, *Arum*, *Ambrosinia Basii*, *Berberideae*, *Cyperaceae*, *Chenopodeae*, *Caulinia*, *Calla palustris*, *Cryptocoryne spiralis*, *Caladii spec.*, *Ericeae*, *Globularia*, *Gramineae*, *Illecebreae*, *Lemnaceae*, *Lineae*, *Malvaceae*, *Melianthus major*,

---

* Bei sehr einförmigen Familien habe ich stets mehrere *Genera*, bei Geschlechtern einige Arten untersucht.

Myriceae, *Najas*, *Nyctagineae*, *Orontium aquaticum*, *Primulaceae*, *Plumbagineae*, *Polygoneae*, *Portulaceae*, *Piperaceae*, *Pistiaceae*, *Polygala*, *Plantago*, *Sauromatum guttatum*, *Trapa natans*, *Urtica* und einige andere, sogleich zu nennende. Eine solche Reihe lässt allerdings nicht auf vereinzelte Ausnahmen, sondern auf eine so durchgreifende Gesetzlichkeit schliessen, dass ferner keine Präsumtion mehr für die Bildung des Saamenträgers aus einem Blattrande, sondern dagegen spricht, besonders wenn man bedenkt, wie manche mit den genannten noch verwandte Familien, Geschlechter und Arten sich augenblicklich und mit Sicherheit nach Analogie hier anreihen lassen, namentlich ohne Ausnahme alle Pflanzen mit *spermophorum centrale liberum* oder mit *gemmulis basilaribus*. Dazu kommen nun noch die Pflanzen, bei denen die Saamenknospe geradezu nichts Anderes ist, als die Axillarknospe des Carpellblattes, wofür ich folgende nennen kann: *Alisma*, *Dryadeae*, *Euphorbia*, *Limnanthes Douglasii*, *Luzula*, *Malvaceae loculis* 1-*ovulatis*, *Mercurialis*, *Phytolacca decandra*, *Sagittaria*, *Tropaeoleae*, *Triglochin*. Die genannten Pflanzen umfassen die unter *a*. und *b*. genannten Fälle. Für den bei *c*. beschriebenen Fall spricht bei den Cruciferen die vollständige Entwickelungsgeschichte, bei den Resedaceen aber diese und die schönsten rückschreitenden Metamorphosen in allen erdenklichen Zwischenstufen, die man in den Gärten gar häufig an *Reseda alba* findet. Allerdings bleiben hier noch eine grosse Menge von Fällen unentschieden, für die ich die Axenbildung des Saamenträgers nur postuliren kann; darüber können allein künftige Untersuchungen der Entwickelungsgeschichte entscheiden, bisher hat meine Zeit nicht hingereicht, noch mehr Material zu verarbeiten.

Hier finden dann noch folgende Verschiedenheiten statt, nämlich der ächte centrale Saamenträger, mit ächten Scheidewänden verwachsen (bei *Solaneae*, *Acanthaceae* u. s. w.), der unächte centrale Saamenträger, aus den wandständigen Saamenträgern gebildet, welche bis zur Axe in die dadurch unächt-mehrfächerig werdende Fruchtknotenhöhle hineinragen, und endlich die wandständigen Saamenträger. Die beiden letztern Fälle sind häufig.

Für die *gemmula basilaris* will ich nur noch einmal erwähnen, dass die einseitige Ausbildung des Blüthenbodens den Saamenträger gar oft als einen Theil der Wand der Fruchtknotenhöhle erscheinen lässt, während er in der That nur ihr Boden ist, und dass daher auch Saamenknospen *spurie laterales* sein können, die eigentlich *basilaris* sind; dies ist namentlich der Fall bei allen Gräsern, Potamogetonen und vielleicht noch bei vielen andern, wofür es bis jetzt noch an der Entwickelungsgeschichte fehlt.

Ad 3. Man mag nun über die Natur des unterständigen und halb unterständigen Fruchtknotens denken wie man will, so giebt es doch auch hier ganz unzweifelhafte Fälle, wo Stellung und Entwickelungsgeschichte die Saamenknospe als unmittelbare Fortsetzung der Blüthenaxe nachweisen. Hierher gehört vor Allem die ausgedehnte Familie der Compositen, die, $1/10$ der ganzen phanerogamen Vegetation umfassend, kein kleines Gewicht für die Ansicht von der allgemeinen Gesetzlichkeit der Bildung des Saamenträgers aus der Axe in die Wage legen. Ferner nenne ich hier, nach eigenen Untersuchungen, die *Juglandeae*, *Elaeagneae*, *Lonicereae*, *Rubiaceae* und *Peliosanthes theta*. Bei allen diesen kann kein einigermaassen genauer Beobachter bezweifeln, dass der Saamenträger eine unmittelbare Fortsetzung der Blüthenaxe und selbst ein Axenorgan sei. Auch bei den Myrtaceen erhält man durch die Entwickelungsgeschichte dasselbe Resultat.

Wenn man aber genau die Entwickelung eines unterständigen Fruchtknotens verfolgt, so bleibt auch nicht der geringste Zweifel, dass derselbe eben selbst nur ein Axenorgan sei, und so ist auch für die wandständige Saamenträgerbildung da, wo die Fruchtblätter auch nicht einmal scheinbar in die Fruchtknotenhöhle hineinreichen, gewiss, dass die Saamenknospen an einem Axenorgan sitzen. Um aber die unächt mittelständigen Saamenträger zu begreifen, muss man sich erinnern, dass die innere

Fläche eines becherförmigen Axenorgans den Seiten desselben im gewöhnlichen Zustande entspricht; zeigen diese nun vorspringende Rippen, auf denen die Knospen sitzen, etwa wie bei *Echinocactus*, so müssen bei der Becherform diese Rippen nach Innen vorspringen, nach Oben aber können die Fruchtblätter eben so mit diesen nach Oben laufenden Vorsprüngen der Axe verwachsen, wie beim sogenannten *folium decurrens* mit den nach Unten laufenden. Dagegen muss man bedenken, dass diese Vorsprünge (welche die falschen Scheidewände bilden und die Saamenknospen tragen) senkrecht vom Rande der Fruchtknotenhöhle bis zum Grunde derselben aufsitzen; diese Richtung entspricht nun aber an der gewöhnlichen Axe der Längsrichtung von Unten nach Oben, und so ist niemals ein Blatt an einer Axe befestigt, sondern immer in transversaler Richtung; schon deshalb können diese Vorsprünge keine Blätter sein. Endlich wollte man die Flügel der Axe beim *folium decurrens* selbst für einen wirklichen Blatttheil nehmen, so würde die Analogie hier doch unanwendbar sein, denn die Richtung vom Rande einer hohlen Axe nach dem Grunde ihrer Höhle entspricht der Richtung von Unten nach Oben; nun kennen wir zwar sogenannte herablaufende Blätter, aber die Stengel hinauflaufende Blätter sind unerhört. So scheint mir für diese Abtheilung die Annahme einer Saamenträgerbildung aus der Axe ganz ausnahmslos begründet zu sein. Die vorkommenden Verhältnisse kann man nach folgender Uebersicht zusammenstellen.

a. Hier kann die Terminalknospe, also der innerste und tiefste Theil der Fruchtknotenhöhle, sich als Saamenknospe ausbilden (*gemmula basilaris unica in germine infero*, z. B. die Compositen) oder die Axe kann sich innerhalb der Fruchtknotenhöhle noch einmal erheben und die Saamenknospen als Seitenknospen tragen (*spermophorum centrale in germine infero*, z. B. bei den Myrtaceen).

b. Die innere Fläche der Fruchtknotenhöhle trägt auf so viel Linien, als Fruchtblätter vorhanden sind, ohne weitere Auszeichnung die Saamenknospen (*spermophora parietalia*).

c. Es springen von der innern Fläche der Fruchtknotenhöhle eben so viele und eben so gelegene Leisten hervor, welche an ihrer freien Kante die Saamenknospe tragen (*spermophora parietalia*, z. B. Orchideen).

d. Diese vorspringenden Leisten werden so breit, dass sie in der Axe der Fruchtknotenhöhle zusammenstossen und so falsche Scheidewände bilden; dann theilt sich ihr Rand in zwei Lamellen, die etwa zurückgebogen und in die zwei anliegenden Fächer hineinragen und jede an ihrer freien Kante die Saamenknospen tragen (*gemmulae in angulo loculorum interno affixae*, z. B. Irideen).

Ad 4. Hier habe ich nichts hinzuzufügen, sondern nur auf das beim Fruchtknoten Gesagte zu verweisen. Habe ich dort Recht gehabt, so versteht sich hier die Sache von selbst.

Ad 5. Ueber die hier aufgeführten Fälle wage ich noch kein Urtheil, weil mir die vollständigen Entwickelungsgeschichten fehlen. Ich habe mir hier und in ähnlichen Fällen bei einer frühern Arbeit (noch befangen in dem Geiste der alten Schule, in der ich gelernt) mit Analogien und Vermuthungen fortgeholfen, die ich hier ausdrücklich widerrufe. Treue Naturbeobachtungen und Untersuchungen haben mir gezeigt, wie dieser Weg nie zum sichern Abschluss führen kann und in den meisten Fällen auf Irrthum führt, denn um Analogien zu gebrauchen, muss man erst höhere Principien der Einheit und allgemeine Gesetze haben, und gerade an diesen fehlte es bisher, und in der bisherigen Weise konnten sie auch durchaus nicht gewonnen werden. Deshalb ziehe ich es vor, lieber meine Unwissenheit zu gestehen, wo ich mich nicht durch vollständige Entwickelungsgeschichten gesichert weiss, als in den Tag hinein zu rathen und die entfernte Möglichkeit, für einen scharfsinnigen Naturbeobachter zu gelten, mit der viel näheren Wahrscheinlichkeit der schlimmsten Missgriffe zu erkaufen.

Endlich habe ich noch einige allgemeine Bemerkungen beizufügen. Es ist eine häufige Erscheinung, dass an zwei- oder vielknospigen linienförmigen Saamenträgern die

Saamenknospen in zwei Reihen sitzen, und da in diesen Fällen eben so viele Saamenträger als Fruchtblätter, also doppelt so viele Reihen von Saamenknospen vorhanden sind, so hat dies Verhältniss viel dazu beigetragen, das Vorurtheil zu nähren, als entständen die Saamenknospen reihenweise an den Rändern der Fruchtblätter. Bei den zahllosen Fällen einer andersartigen Bildung der Saamenträger wäre nun, selbst die Richtigkeit dieser Beziehung zugegeben, die Sache doch nicht von grosser Bedeutung. Es bietet sich uns aber noch eine ganz andere Erklärung für die Zweireihigkeit der Saamenknospen an, die sich besonders in den Fällen geltend macht, in welchen der Saamenträger mittelständig ist, oder der unterständigen Fruchtknotenhöhle angehört; denken wir uns hier die Metamorphose der Grundorgane weg und setzen wir die Blattstellung der Fruchtblätter in gleichgliedrigen, alternirenden Kreisen fort, so erhalten wir bei zwei Fruchtblättern vierzeilig, bei drei sechszeilig stehende Blätter, also auch vier oder sechs Reihen von Axillarknospen. Bei der Umwandlung der Axe zum Saamenträger rücken also nur die gesetzmässigen Knospenreihen je zwei und zwei näher zusammen. Betrachten wir dafür den Fruchtknoten von *Tillandsia amoena*, so finden wir auch eigentlich sechs Saamenträger, die zwar paarweise genähert, aber durchaus weder morphologisch noch anatomisch so verbunden sind, dass wir berechtigt wären, sie als drei zweiblättrige anzusehen.

Wo aber die Saamenträger als Seitenäste der Blüthenaxe zu betrachten sind, sei es in dem von Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten, sei es in dem Stengelpistil, da müssen wir diese doch stets als zusammengefaltete flache Zweige ansehen, die denn auch eben, wie etwa die flachen Zweige von *Phyllanthus*, zwei Reihen Knospen tragen.

Ueber den Bau des Saamenträgers habe ich nichts hinzuzufügen, da mir keine besonders auffälligen Verhältnisse weiter bekannt sind.

---

c. *Von der Saamenknospe.*

§. 160.

Jede Saamenknospe (*gemmula*) erscheint bei ihrem ersten Auftreten als ein stumpfes, rundliches Wärzchen, als Ende einer Axe (Terminaltrieb) innerhalb der Blüthe; als solches ist sie eine aufrechte, gerade Saamenknospe (*gemmula erecta, atropa*). Sie besteht allein aus dem Kern (*nucleus*, *chorion* [*Malpighi*], *perisperma* [*Treviranus*], *l'amande* [*Brongniart*], *tercine* [*Mirbel*]), ohne eigenthümliche Knospenhülle (*nucleus nudus*). An dieser Saamenknospe unterscheidet man noch die Basis, wenn sie nicht stetig in die Axe, deren Ende sie ist, übergeht, als Anheftungspunkt der Saamenknospe (*hilus*, *umbilicus*), und die Spitze, als Kernwarze (*mamilla nuclei*, *mamelon d'impregnation* [*Brongn.*]). Selten verharrt die Saamenknospe in diesem einfachen Zustande, wie bei den Loranthaceen. Gewöhnlich verändert sich die Saamenknospe theils durch die Bildung der Knospenhüllen, theils durch eigenthümliche Entwickelungsweisen, die man im Allgemeinen Krümmungen nennen kann.

In grösserer oder geringerer Entfernung unterhalb der Spitze der Saamenknospe erhebt sich, im ganzen Umfange gleichzeitig, eine Kreisfalte, die allmälig den Kern überzieht und sich oben bis auf eine kleine Oeffnung schliesst. Bleibt es bei dieser Entwickelung (z. B. bei *Taxus*, den Piperaceen), so nennt man diesen Ueberzug einfache Knospenhülle (*integumentum simplex*), die obere Oeffnung heisst der Knospenmund (*micropyle*), die Region, wo Knospenhülle und Kern zusammen-

fliessen, heisst der Knospengrund* (*chalaza*). Der Anheftungspunkt wird hier ebenso bestimmt, wie bei der vorigen Form. Oft bildet sich unmittelbar unterhalb der ersten Kreisfalte noch eine zweite, welche, wie die erste den Kern, so die zweite überzieht; man nennt jene dann die erste oder innere Knospenhülle (*integumentum primum, internum; membrana interna* [*Rob. Brown*]; *tegmen* [*Brongniart*]; *secondine* [*Mirbel*]), diese die zweite oder äussere Knospenhülle (*integumentum secundum, externum; testa* [*Rob. Brown, Brongniart*]; *primine* [*Mirbel*]). Man unterscheidet dann den äusseren Knospenmund (*exostomium*) und den inneren (*endostomium*). Bleibt unterhalb der ganzen Saamenknospe dann noch ein freies, unterscheidbares Stück der Axe, so nennt man dieses den Knospenträger (*funiculus*). In dieser Ausbildung findet man die Saamenknospen z. B. bei den Hydrocharideen, mit Ausnahme von *Stratiotes*, bei vielen Aroideen, bei den Polygoneen u. s. w.

Diese Saamenknospenformen werden nun auf mannigfache Weise durch die schon erwähnten Krümmungen modificirt.

1. Der Knospenträger bildet sich hier sehr lang aus, die Kernwarze biegt sich nach Unten, und es verwächst die dadurch dem Knospenträger zugewendete Seite der Saamenknospe gleich bei der Bildung allmälig mit demselben, und zwar entweder der nackte Kern, oder die einfache oder die äussere Knospenhülle. An der ausgebildeten Saamenknospe liegt dann die Kernwarze dicht am Anheftungspunkt, der Knospengrund liegt dem Anheftungspunkt gegenüber, die Linie von der Mitte des Knospengrundes durch die Mitte des Kerns bis zur Kernwarze ist eine gerade. Man nennt eine solche Saamenknospe eine umgekehrte (*gemmula anatropa*), der angewachsene Theil des Knospenträgers heisst dann Saamennaht (*raphe*). Diese Form scheint die allerhäufigste zu sein; man findet sie beim nackten Knospenkern** von *Hippuris* und den Rubiaceen, bei der einfachen Knospenhülle der Compositen, bei der doppelten Knospenhülle der Liliaceen u. s. w.

Hat die Verwachsung des Knospenträgers mit den Knospenhüllen nur den untern Theil der Saamenknospe getroffen, so dass ein grösserer Theil der Spitze (die obere Hälfte) frei geblieben ist, so heisst die Saamenknospe halb umgekehrt (*gemmula hemianatropa*), z. B. bei *Meconostigma* und mehreren Aroideen. Ist der Knospenträger dann sehr kurz, fast gar nicht vorhanden (*g. sessilis*), so erscheint die Saamenknospe als in der Mitte befestigt (*medio affixa, peltata*).

2. Die beiden Seiten der Saamenknospe entwickeln sich ungleich, die eine bleibt fast ganz zurück, die andere wird übermässig ausgebildet und beschreibt an der fertigen Saamenknospe fast den ganzen Umfang derselben. Anheftungspunkt und Knospengrund fallen hier zusammen, die Kernwarze liegt aber neben dem

---

* Ich weiss keine bessere deutsche Bezeichnung für den Theil, den man mit dem unsinnigen Namen der *chalaza* belegt hat, ohne gleichwohl den Begriff selbst scharf aufzufassen. Gewöhnlich heisst's: »Die Stelle, wo der Nabelstrang in die äussere Eihülle dringt, heisst *hilus*, wo er in die innere eintritt, *chalaza*.« *Link Elem. phil. bot.* (*ed. II.*) *II*, 279. Wie steht's denn mit den unzähligen Saamenknospen, die nur eine Knospenhülle haben, wie mit den Orchideen und andern Pflanzen, die wenigstens in dem *Link*'schen (dem gewöhnlich angenommenen) Sinne gar keinen Nabelstrang, nämlich kein Gefässbündel, in der Saamenknospe haben?

** *Rob. Brown* zählte hierher auch die Apocyneen und Asclepiadeen. Dass die Apocyneen ein einfaches Integument besitzen, habe ich schon früher gesagt, aber in neuerer Zeit habe ich mich überzeugt, dass auch bei den Asclepiadeen ein sehr kleiner Knospenkern schon frühzeitig von einem dicken Integument überzogen wird. Bei beiden Familien wird der Kern lange vor der Befruchtung vollständig vom Embryosack verdrängt, aber der Micropylecanal, der lange vor der Blüthezeit deutlich zu erkennen ist, weist unzweifelhaft auf die Existenz einer Knospenhülle hin.

Ersteren, und die Linie, von der Mitte des Knospengrundes durch die Mitte des Kerns bis zur Kernwarze gezogen, ist eine gebogene Linie. Eine solche Saamenknospe nennt man eine gekrümmte Saamenknospe (*gemmula campylotropa*). Für den nackten Knospenkern ist mir hier kein Beispiel bekannt, für die einfache Knospenhülle dienen *Datura*, mehrere Solaneen und Polemoniaceen, für die doppelte die meisten Gräser, die Sileneen und Cruciferen als Beispiel.

3. Das Zusammentreffen der unter 1. und 2. geschilderten Vorgänge bildet eine Form, bei der eine kurze Saamennaht vorhanden ist, daher Knospengrund und Anheftungspunkt nicht zusammenfallen, bei der aber gleichzeitig die eine Seite der Saamenknospe unentwickelt geblieben ist, weshalb die Linie vom Knospengrund durch die Mitte des Kerns zur Kernwarze ebenfalls eine gebogene ist. Diese Form heisst halbgekrümmte Saamenknospe (*gemmula hemitropa*). Mit einfacher Knospenhülle ist sie den Labiaten und Borragineen eigen, mit zweien den Leguminosen.

4. Bei sehr langgestreckten Saamenknospen bildet sich bei der Entwickelung derselben eine Krümmung in der Mitte der Saamenknospe, so dass sie hufeisenförmig gebogen erscheint. Hier fällt Anheftungspunkt und Knospengrund zusammen, Kernwarze und Anheftungspunkt liegen neben einander, die Mittellinie des Kerns ist eine gebogene, aber beide Seiten der Saamenknospe sind parallel, gleichförmig entwickelt. Ist die Saamenknospe in der Biegung verwachsen, so heisst sie eine gebogene Saamenknospe (*gemmula camptotropa*), z. B. bei *Potamogeton*, *Galphimia;* ist sie nicht verwachsen, so nennt man sie eine hufeisenförmige Saamenknospe (*g. lycotropa*), nach *Griesebach* bei mehreren Malpighiaceen.

5. In seltnen Fällen bildet sich, nachdem die Ausbildung der Saamenknospe schon vollendet ist, schon jetzt noch eine Knospenhülle, die mehr oder weniger vollständig die Saamenknospe umgiebt, natürlich an den Veränderungen derselben durch Krümmung, die zur Zeit der Entstehung dieser Knospenhaut schon vollendet sind, keinen Theil nimmt und Saamenmantel (*arillus*) genannt wird (bei *Hellenia coerulea*).

Die Grundlage für die Lehre vom Bau der vegetabilischen Saamenknospe hatte schon *Malpighi* in seinem unsterblichen Werke gelegt, aber es wurde von seinen Nachfolgern nichts hinzugethan und was er selbst gegeben, weder benutzt noch verstanden. *Treviranus* in seiner Entwickelungsgeschichte des Embryo förderte die Lehre vom Saamenknospenbau um nichts, auch er begriff *Malpighi* nicht und übersah selbst den wesentlichsten Theil der Saamenknospe (den Embryosack). Erst *Rob. Brown**, 1826, gab die erste richtige und sogleich vollendete Darstellung vom Bau einer unbefruchteten Saamenknospe bei *Kingia australis*. *Brongniart*** lieferte einige wichtige Beiträge. Später versuchte *Mirbel**** eine Entwickelungsgeschichte der unbefruchteten Saamenknospe, in der er die interessantesten Aufklärungen gab, aber über die Bildung der Knospenhüllen eine durchaus falsche Ansicht vortrug, die, obwohl längst durch *Rob. Brown* und *Fritsche* widerlegt, doch noch in *Link's Elem. phil. bot.* (*ed. II*) *II*, 279, ja selbst noch in viel späteren Werken, vorgetragen, d. h. abgeschrieben wird, so kinderleicht auch die Beobachtungen etwa an einer Lilie, einer Passions-

* Vermischte Schriften, herausgegeben von *Nees v. Esenbeck*. Bd. IV. S. 83.

** *Mém. sur la génération et le développement de l'embryon dans les végétaux phanérogames. Paris* 1827. Uebersetzt in *Rob. Brown's* verm. Schriften, herausg. von *Nees v. Esenbeck*. Bd. IV. S. 167.

*** *Recherches sur la structure et les développements de l'ovule végétale lu à l'académie des sciences Déc.* 1828, *et Additions aux nouvelles recherches etc. lu à l'ac. des sc. Déc.* 1829.

blume zu machen sind, denn es gehört nichts dazu, als ein etwa zwanzig Mal vergrösserndes einfaches Mikroskop und ein Paar nicht einmal feine Querschnitte aus einem jungen *germen*. *Rob. Brown** war auch hier wieder der Erste, der den rechten Weg bahnte und nachwies, dass sich nicht, wie *Mirbel* meinte, der ursprüngliche Kern der Saamenknospe an der Spitze öffne und zuerst die innere Knospenhülle und dann den eigentlichen Kern hervorwachsen lasse (daher *Mirbel's* in falscher Folge gewählte Zahlenbenennungen), sondern dass an der Basis des ursprünglichen soliden Kerns die innere und demnächst die äussere Haut als kreisförmige Falte entständen und allmälig den Kern umhüllten. *Fritsche's*** Beobachtungen stellten wenigstens die Falschheit der *Mirbel*'schen Ansichten ausser Zweifel, wenn auch seine Auffassung der Bildungsweise der Knospenhüllen dem einfachen Vorgange in der Natur nicht ganz angemessen war. *Brown* hat in seiner ersten Arbeit noch das beständige Vorhandensein zweier Knospenhüllen angenommen. *Brongniart* weist schon nach, dass unzweifelhaft auch Saamenknospen mit einer Knospenhülle vorkämen. In der Abhandlung über die Befruchtung bei den Orchideen u. s. w. machte *Rob. Brown* auch auf das Vorkommen des nackten Knospenkerns aufmerksam, nachdem *Mirbel* a. a. O. die wichtigsten, an der Saamenknospe vorkommenden Krümmungen richtig entwickelt hatte. Ausser *Fritsche*, der damals aber schon in Petersburg war, hat nicht ein einziger deutscher Botaniker in dieser so wichtigen Lehre etwas gethan, ja auch nur einmal die Beobachtungen der ausgezeichneten Franzosen und Engländer nachuntersucht, denn wir finden bis auf die neueste Zeit überall die falsche Ansicht von *Mirbel*, oft noch sogar traurig entstellt, ohne Nachdenken abgeschrieben. Die Beobachtungen jener Männer benutzend, machte ich eine grosse Reihe von Untersuchungen über die Entwickelung der unbefruchteten Saamenknospe der verschiedenen Pflanzenfamilien, und es gelang mir, die aufgestellten Gesetze zu bestätigen, zum Theil in Nebensachen zu modificiren und eine grosse Reihe von Thatsachen aufzufinden, worüber meine beiden Arbeiten: »Einige Blicke auf die Entwickelungsgeschichte u. s. w.«, *Wiegmann's* Archiv, 1837, I, 289, und, »Ueber Bildung des Eichens u. s. w.« *Act. A. C. L. C. N. C. Vol. XIX. P. I. p.* 29, Nachricht geben. Im Paragraphen habe ich die Hauptsätze mitgetheilt. Für die Entwickelungsgeschichte einer umgekehrten und mit zwei Knospenhüllen versehenen Saamenknospe verweise ich auf die dritte Kupfertafel mit der Erklärung. Hier will ich noch einige Bemerkungen von untergeordneter Wichtigkeit beifügen.

Die oben aufgeführten Verschiedenheiten der Saamenknospe, welche aus der Krümmung derselben hervorgehen, sind nur die Hauptformen, aber umfassen keineswegs alle möglichen Vorkommnisse, ja sie sind nicht einmal discrete Unterschiede, indem sich zwischen allen jenen Genannten noch Mittelformen finden, die schwer unterzubringen sind. Für das Vorkommen der einzelnen Formen lassen sich daher auch noch weniger als bei der Zahl der Knospenhüllen bestimmte Gesetze aufstellen. Gewöhnlich ist die Form in derselben Familie constant, doch zeigen sich auch häufige Abweichungen, weniger bei Dicotyledonen als bei den Monocotyledonen; bei letztern zeigt insbesondere die Familie der Aroideen eine zahllose Verschiedenheit der Saamenknospenformen. Um die Uebersicht der vorkommenden Formen der Saamenknospe zu erleichtern und zugleich die Anschauung bei eigner Untersuchung zu leiten, worauf es mir hauptsächlich ankommt, gebe ich hier noch eine möglichst systematisch ausgewählte Reihe von Beispielen. Sämmtliche Saamenknospen sind nach einem gut gelungenen genau halbirenden Längsschnitt gezeichnet.

---

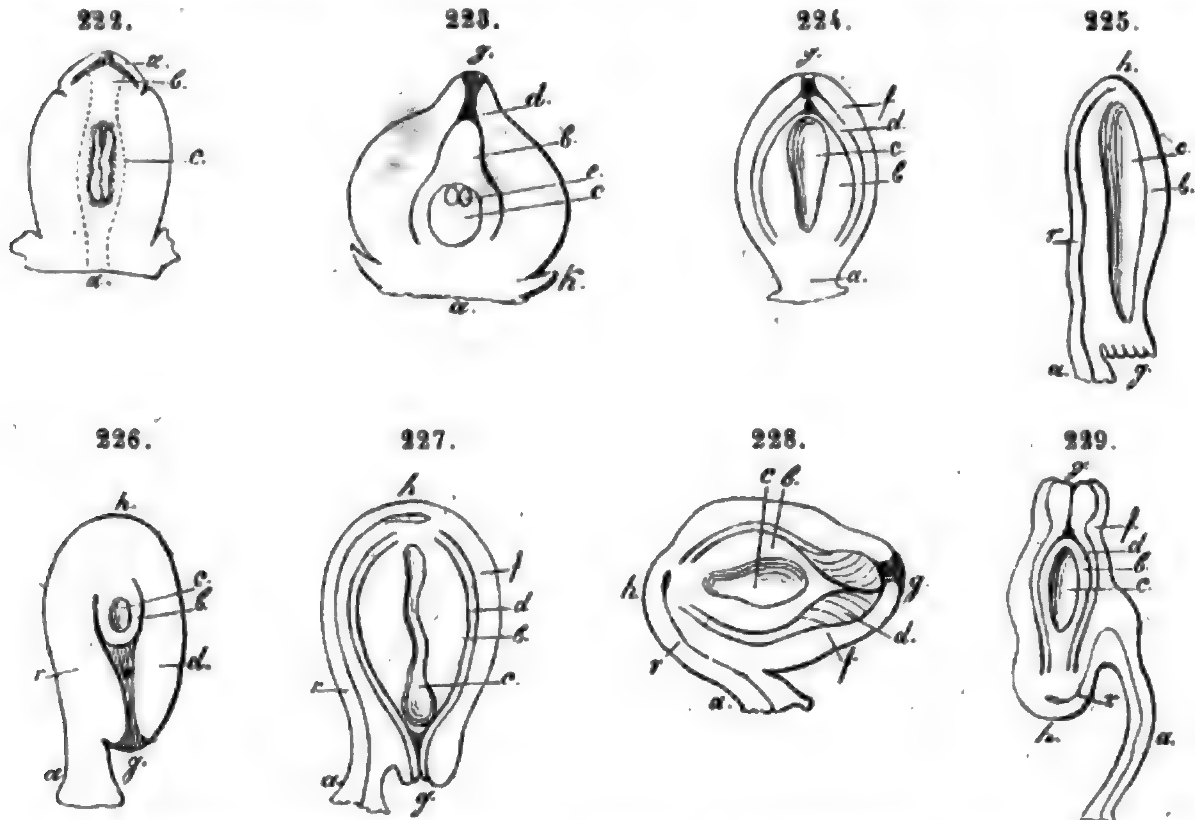
* *Observations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. London* 1831. Vermischte Schriften, herausg. von *Nees v. Esenbeck.* Bd. V. S. 142.

** *Wiegmann's* Archiv, Jahrgang 1835, Bd. II. S. 229.

1. Nicht gekrümmte Saamenknospen, als nackter Knospenkern (222, *b*), mit einer (223) und mit zwei Knospenhüllen (224).

2. Umgekehrte Saamenknospen, als nackter Knospenkern (225), mit einer (226) und mit zwei Knospenhüllen (227).

3. Halbumgekehrte, schildförmig befestigte (228) und aufrechte (229) Saamenknospe.



4. Gekrümmte Saamenknospen, als nackter Knospenkern (230), mit einer (231) und mit zwei Knospenhüllen (232).

222. *Viscum album*. Längsschnitt durch die weibliche Blüthe. *a* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Ende der Blüthenaxe als Saamenknospe, einen nicht gekrümmten nackten Knospenkern bildend. *c* Grenze des Markes im Blüthenstiel, in dem sich auch die Embryosäcke entwickeln (in der Zeichnung 2). *x* Blüthenhülle.

223. *Taxus baccata*. Längsdurchschnitt durch die Saamenknospe. *a* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Einfache Knospenhülle. *e* Grosse Zellen des Endosperms (*corpuscula Rob. Br.*). *g* Knospenmund und *k* Anlage zum Saamenmantel.

224. *Polygonum divaricatum*. Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Inneres, *f* äusseres Integument. *g* Knospenmund.

225. *Hippuris vulgaris*. Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Nackter Knospenkern. *c* Keimsack. *g* Kernwarze. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

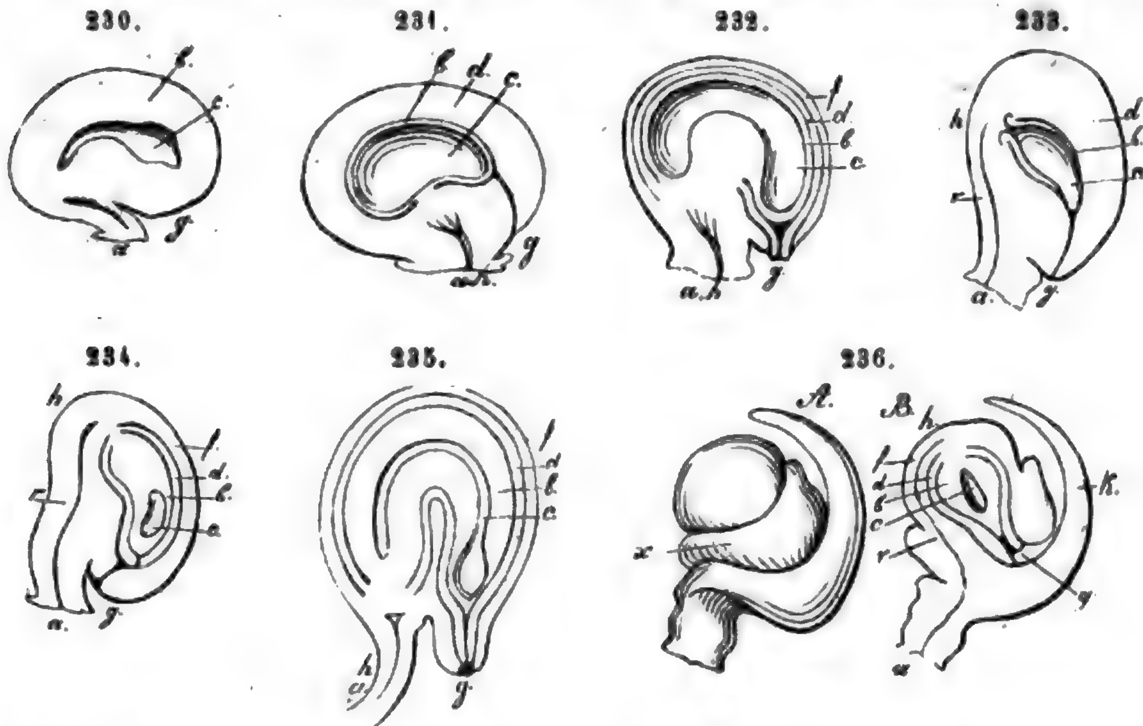
226. *Adoxa moschatellina*. Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Einfaches Integument. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

227. *Cucurbita pepo*. Saamenknospe im Längsschnitt (eine Zeitlang nach der Befruchtung). *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennath.

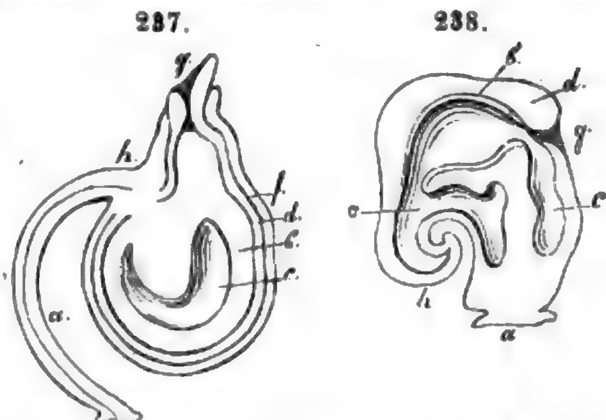
228. *Lemna trisulca*. Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

229. *Meconostigma pinnatifidum*. Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Knospenträger und Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

5. Halbgekrümmte Saamenknospen mit einem (233) und zwei Integumenten (234).
6. Gebogene Saamenknospe mit zwei Knospenhüllen (235).
7. Umgekehrte Saamenknospe mit zwei Knospenhüllen und Saamenmantel (236).



8. Doppelt gekrümmte Saamenknospe mit zwei Knospenhüllen (237).
9. Ganz abnorme schneckenförmig gekrümmte Saamenknospe mit zwei Knospenhüllen (238).



230. *Galium aparine.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* (nackter) Knospenkern. *c* Keimsack. *g* Kernwarze.

231. *Datura stramonium.* *a*, *h* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern (als Kernhaut). *c* Keimsack. *d* Einfache Knospenhülle. *g* Knospenmund.

232. *Spergula pentandra.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a*, *h* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund.

233. *Salvia officinalis.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Einfache Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

234. *Colutea arborescens.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

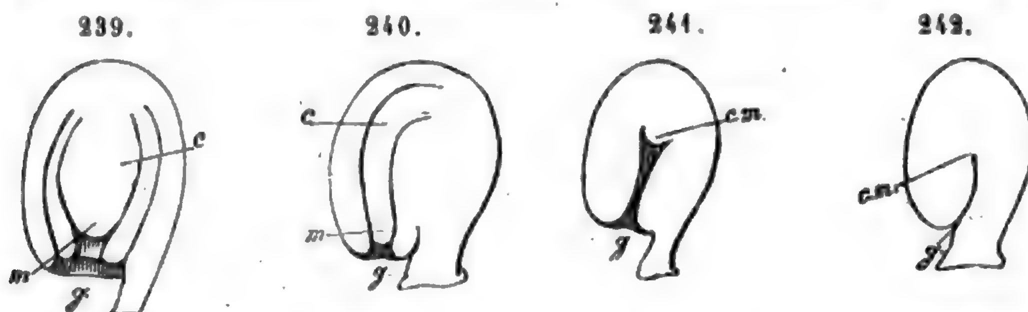
235. *Galphimia mollis.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Knospenträger und Anheftungspunkt. *h* Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Saamenmund.

236. *Hellenia coerulea.* *A.* Saamenknospe vor der Befruchtung. *x* Wulstförmige Verdickung des äussern Knospenmundes. *B.* Dieselbe im Längsschnitt. *a* Knospenträger und Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht. *k* Saamenmantel.

237. *Scleranthus perennis.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Knospenträger und Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund.

238. *Lathraea squamaria.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern (als Kernhaut). *c* Keimsack mit seinen Anhängseln. *d* Einfache Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund.

Bei der Bildung der Knospenhüllen ist insbesondere das Verhältniss der einzelnen Theile noch einer nähern Berücksichtigung werth. Zunächst muss ich bemerken, dass der Ausdruck Knospenkern im Gegensatz der Hüllen eben nur den Theil des ursprünglichen Zäpfchens bezeichnet, der, oberhalb der Hüllen vorhanden, von diesen überzogen wird und auf den daher der Canal des Knospenmundes zuführt. Die relative Grösse und die Form dieses Knospenkerns ist sehr verschieden; gewöhnlich bildet er ein eiförmiges Körperchen, indem er oberhalb seiner Basis dicker wird und sich nach Oben allmälig zuspitzt (239); aber er ist auch häufig ein längerer Cylinder (bei vielen Scrophularineen, z. B. *Pedicularis*, 240), oft ist er nur ein stumpfer Kegel (z. B. *Podostemon*) oder eine Halbkugel (z. B. *Convolvulus* 241), ja selbst fast nur ein Punkt, auf den der Micropylecanal zuführt, wodurch sich eine solche Saamenknospe allein vom nackten Knospenkern unterscheidet (z. B. *Scabiosa*, 242). Die Zahl der



Knospenhüllen betreffend, so lässt sich bis jetzt darüber kein Gesetz aufstellen, als dass, so weit meine Beobachtungen reichen, alle Monocotyledonen ohne Ausnahme zwei Knospenhüllen besitzen, dass dagegen unter den Dicotyledonen für das Vorkommen von zwei, einer oder keiner Knospenhülle sich bis jetzt noch kein Gesetz herausstellt. Im Allgemeinen kann man sagen, dass bei den Gamopetalen die Bildung Einer Knospenhülle, bei den Dialypetalen die Bildung zweier Knospenhüllen häufiger vorkommt. Das gänzliche Fehlen der Knospenhüllen ist am seltensten. Bei den Ranunculaceen kommen in derselben Familie eine und zwei Knospenhüllen vor, wie ich glaube, sogar in demselben Geschlecht *Delphinium*, von dem die meisten zwei, *D. tricorne* und *chilense* aber nur eine Knospenhülle haben. Uebrigens ist, so weit mir bekannt, die Zahl der Knospenhüllen in derselben Familie ein sehr constantes Merkmal. Die sichere Erkennung der allerfrühesten Zustände der Saamenknospe unterliegt bei einigen Pflanzen grossen Schwierigkeiten, so leicht wie sie bei andern ist, und zwar ist keineswegs nur die absolute Grösse der zu untersuchenden Theile daran Schuld. Eine der kleinsten Saamenknospen und Fruchtknoten ist z. B. die von *Urtica dioica* und doch eine der leichtesten für die Beobachtung; die Isolirung eines *germen* und ein leichter Druck mit einem Glasplättchen genügen, um alles deutlich zu haben. Viel öfter verursacht die Schwierigkeit der sehr gedrängte (die Durchschauung hindernde) oder sehr lockere (die Sicherheit des Schnitts beeinträchtigende) Bau, die Form der Saamenknospe (wie bei den Asclepiadeen), die den Durchschnitt in symmetrische Hälften erschwert; die unsymmetrische Anordnung, die einen genau halbirenden Schnitt völlig unmöglich macht (z. B. *Veronica serpyllifolia*), der Inhalt des Zellgewebes, der die Duchsichtigkeit stört, und besonders die Anwesenheit vieler Haargebilde, die zwischen sich oft kaum zu vertreibende Luft festhalten und so die

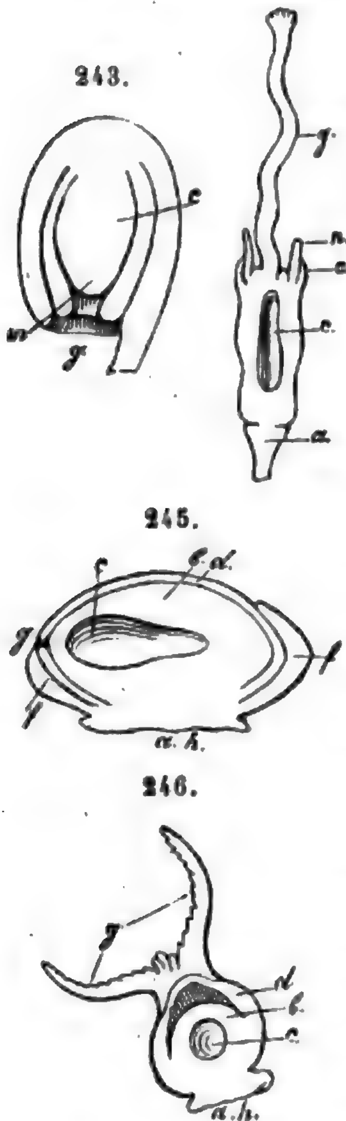
239. *Lilium spec.* Saamenknospe im Längsschnitt. *c* Knospenkern. *m* Kernwarze. *g* Knospenmund.

240. *Pedicularis palustris.* Saamenknospe im Längsschnitt. *c* Knospenkern. *m* Kernwarze. *g.* Knospenmund.

241. *Calistegia sepium.* Saamenknospe im Längsschnitt. *c*, *m* Knospenkern und Kernwarze. *g* Knospenmund.

242. *Scabiosa atropurpurea.* Saamenknospe im Längsschnitt. *c*, *m* Knospenkern und Kernwarze. *g* Knospenmund.

Beobachtung unthunlich machen, und selbst wenn die Luft vertrieben ist, durch ihr ungeregeltes Uebereinanderliegen die Anschauung verwirren. Man findet gar oft das Raisonnement: »Weil etwas bei den oder jenen sehr grossen Pflanzentheilen nicht zu beobachten sei, so wäre es sehr unwahrscheinlich, dass jemand es an viel kleineren beobachtet habe.« Ich schliesse daraus mit völliger Sicherheit, dass der, welcher eine solche Rede vorbringt, gar wenig gründlich untersucht habe. Fast im Gegensatz damit greife ich jetzt, durch die Erfahrung belehrt, vorzugsweise gern nach den kleinsten Pflanzen, die häufig die Untersuchung am meisten erleichtern, weil sie alles Präpariren ersparen. Insbesondere aber sind für die meisten Untersuchungen die Wasserpflanzen zu empfehlen, deren gewöhnlich wässeriges helles Parenchyma die Beobachtung ausserordentlich begünstigt. Es werden dieselben in unsern botanischen Gärten leider noch viel zu wenig cultivirt.



Die gewöhnliche Form der Kernwarze ist die eines rundlichen, halbkugeligen Wärzchens (243, *m.*); zuweilen ist sie aber auch cylindrisch ausgezogen und dann an dem äussersten Ende wieder etwas angeschwollen, so z. B. bei dem nackten Kern von *Loranthus*, wo die Spitze des Knospenkerns die Form eines Staubwegs nachäfft (244, *g*).

Ein anderes bemerkenswerthes Verhältniss ist die Bildung des Knospenmundes. Gewöhnlich ist es ein einfacher Canal, dessen Länge nur von der Dicke der Knospenhüllen abhängig ist, zuweilen aber ist es eine grössere Oeffnung, aus der die inneren Theile mehr oder weniger weit hervorragen. Am Auffallendsten ist dies oft bei der äussern Knospenhülle, die z. B. bei *Zea, Coix, Panicum* (245) die ganze eine Hälfte der Saamenknospe unbedeckt lässt. Auch bei den *Banksia*- und einigen *Dryandra*-Arten soll, nach *Brown**, ein gleiches Verhältniss vorkommen; bei *Banksia insularis* und *media* glaube ich, nach Untersuchungen an frischen blühenden Exemplaren, bestimmt das Gegentheil versichern zu können, dagegen habe ich eine *Banksia* (ohne Bestimmung aus dem Berliner botanischen Garten) untersucht, bei der es allerdings so war, wie *Rob. Brown* angiebt, aber die Saamenknospen waren hängend und halb umgekehrt, während bei den genannten beiden Banksien die Saamenknospen aufrecht und ganz umgekehrt waren. Eine auffallende Form findet sich bei einigen Abietineen, z. B. bei *Abies* (246, *g.*) und *Larix*, bei denen der Knospenmund zweilappig ausgezogen, papillös und saftabsondernd ist, und

243. *Lilium spec.* Saamenknospe im Längsschnitt. *c* Knospenkern. *m* Kernwarze. *g* Knospenmund.

244. *Loranthus deppeanus.* Theil der Blüthe im Längsschnitt. *a* Blüthenstiel. *c* Keimsack. *o, n* Blüthendecken und Staubfäden abgeschnitten. *g* Kernwarze, einem Staubweg ähnlich lang vorgezogen.

245. *Panicum miliaceum.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a*, *h* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle; letztere lässt den grössten Theil der ersteren unbedeckt. *g* Knospenmund.

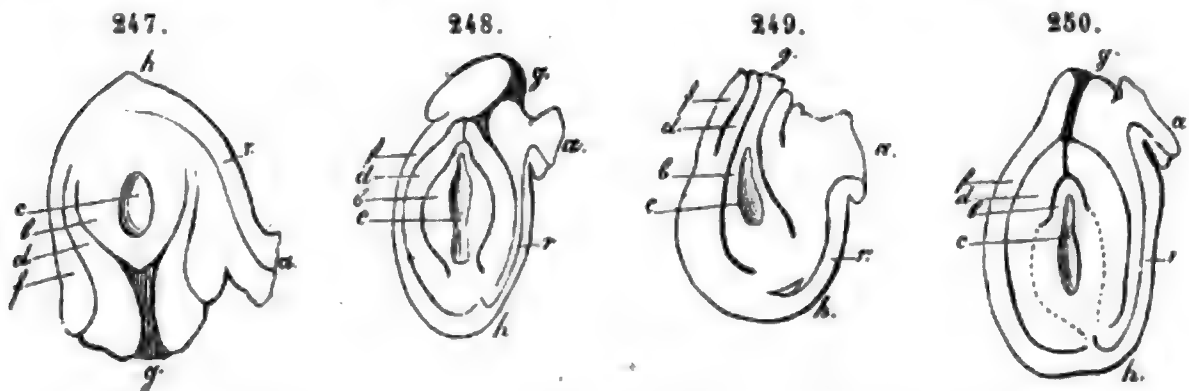
246. *Abies excelsa.* Längsschnitt durch die Saamenknospe, ohne dass der obere Theil des Knospenmundes (*g*) verletzt ist. *a*, *h* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Einfache Knospenhülle.

---

* *Proteaceae novae. London* 1830, *p.* 34. Vermischte Schriften, übersetzt von *Nees v. Esenbeck.* Bd. 5. S. 110.

so der Ansicht, dass die Knospenhülle ein Fruchtknoten sei, durch seine Narbenähnlichkeit den meisten Vorschub geleistet hat. Sehr gewöhnlich ist die Erscheinung, dass die innere Knospenhülle mehr oder weniger aus der äussern hervorragt, oder wenigstens ihr freier Rand nicht bedeckt wird und mit dem der äussern Knospenhülle in einer Fläche liegt. Zugleich pflegt dann auch der den innern Knospenmund bildende Theil der innern Knospenhülle angeschwollen zu sein, so dass er von den übrigen etwas abgeschnürt erscheint. Bei Aroideen, bei Liliaceen (247) u. s. w. ist dies sehr häufig. Seltener ist der äussere Knospenmund auf ähnliche Weise wulstig angeschwollen, jedoch kommt dieser Fall bei vielen Euphorbiaceen (248) vor (die sogenannte *caruncula* des Saamens), wie schon *Mirbel* a. a. O. entwickelt hat.

Eine der seltensten Erscheinungen ist die, dass die Bildung der äusseren Knospenhülle höher an der Saamenknospe beginnt, als die Bildung der inneren, so dass die obere Hälfte des Knospenkerns mit zwei Knospenhüllen bedeckt ist, die untere nur mit einer sehr dicken, einfachen Knospenhülle, wie das bei den Tropäoleen (249) der Fall ist. Ein ähnlicher Erfolg tritt bei *Ricinus* (250) durch den entgegengesetzten



Process ein, indem sich hier die äussere Knospenhülle sehr weit unterhalb der innern bildet; hier zeigt der obere Theil der Saamenknospe zwei Knospenhüllen, der untere nur eine äussere Knospenhülle.

Sehr verschieden ist endlich bei der Anwesenheit der Knospenhülle das Verhältniss des Knospengrundes zur übrigen Saamenknospe, welche aus Kern und Hülle besteht. Gewöhnlich ist der Knospengrund auf einen kleinen Theil an der Basis des eiförmigen Knospenkerns beschränkt; beim kegelförmigen Knospenkern nimmt er schon ein grösseres Stück ein, und bei einigen Pflanzen (*Canna*), und selbst bei Familien (Compositen) nimmt der Knospengrund die Hälfte und mehr der ganzen Saamenknospe in Anspruch.

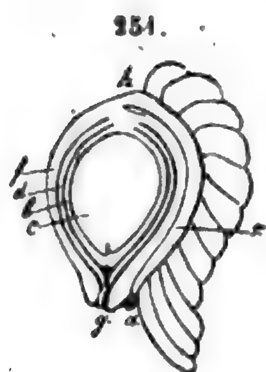
Endlich ist noch anzuführen, dass nicht selten an umgekehrten Saamenknospen sich auf der Saamennaht eigenthümliche zellige Auswüchse entwickeln, die man Kamm (*crista*) nennt; sie bedecken mehr oder weniger völlig die Saamennaht, sind bald schmal und wirklich hahnenkammartig, z. B. bei den *Corydalis*-Arten (251), bald

247. *Trillium erectum.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund, nur von der innern Knospenhülle gebildet. *h* Knospengrund.

248. *Euphorbia pallida.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund, wulstig angeschwollen. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

249. *Chymocarpus pentaphyllus.* Saamenknospe im Längsschnitt einige Zeit vor der Befruchtung. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.

250. *Ricinus leucocarpa.* Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht.



dick und breit, so dass die Saamenknospe selbst nur als ein schmaler, plattenförmiger Anhang erscheint, z. B. bei *Aristolochia*. Zuweilen auch bildet sich solch ein zelliger Auswuchs als eine Wulst rund um die ganze Saamenknospe oder einen Theil ihrer Basis, z. B. bei *Hellenia*. Auch der Knospenträger hat hin und wieder besondere haarförmige Anhängsel, die oft die ganze Saamenknospe einhüllen und fast immer bis zum Knospenmund reichen.

§. 161.

Die Structurverhältnisse der Saamenknospe sind sehr einfach; sie besteht aus Parenchym und einem deutlichen Epithelium; dies letztere bildet häufig allein gleichsam als Falte die innere Knospenhülle (z. B. bei allen [?] Monocotyledonen). Die einfache Knospenhülle und die äussere stets, zuweilen auch die innere (z. B. bei *Thymeleae*, *Laurineae*, *Euphorbiaceae*, *Cistineae*), bestehen aus Parenchym, an beiden Flächen mit einem Epithelium überzogen. Niemals sind im Knospenkern oder der Knospenhülle Gefässbündel oder Gefässe anzutreffen, gewöhnlich aber verläuft ein Gefässbündel durch den Knospenträger und durch die Saamennaht, wo sie vorhanden, endet aber durchaus immer im Knospengrund, häufig in einer kolbigen Gruppe oder in einer platten oder becherförmigen Ausbreitung von Spiralfaserzellen. Der Knospenträger ist ebenfalls mit Epithelium überzogen, als unmittelbare Fortsetzung des Epitheliums der Saamenknospe.

Das wichtigste Verhältniss ist aber hier die Veränderung, die in der Structur des Knospenkerns vor sich geht. Anfangs besteht derselbe aus einem homogenen zarten, gleichförmigen Parenchym, aber bald, zuweilen schon bei der ersten Entstehung der Knospenhülle, dehnt sich eine einzelne Zelle übermässig aus, verdrängt nach und nach einen grössern oder geringern Theil des Parenchyms, welches verflüssigt und aufgesogen wird, und bildet eine von einer einfachen, structurlosen Zellenmembran ausgekleidete Höhle im Innern des Knospenkerns. Diese Zelle ist der Keimsack (Embryosack, *sacculus colliquamenti vel satius amnii* von *Malpighi*, die *quintine* von *Mirbel*, der *sac embryonnaire* von *Brongniart*). Seine Form ist sehr verschieden, meist oval, oft eine dünne, fadenförmige Zelle, in der Axe des Knospenkerns, dessen der Spitze zugewendeter Theil bedeutend anschwillt (z. B. *Amygdalus*). Sein Inhalt ist Gummi, Zucker und Schleim; sehr selten füllt er sich vor der Befruchtung allmälig mit Zellgewebe, z. B. bei den Asclepiadeen. Aeusserst selten (so viel bis jetzt bekannt, nur bei *Viscum*) bilden sich gleichzeitig mehrere, 2—3 Keimsäcke.

Der anatomische Bau der Saamenknospe ist ausserordentlich einfach und ich weiss dem oben Gesagten nichts von Bedeutung hinzuzufügen. *Link Elem. phil. bot. (ed. II.) II, p.* 265 sagt: »Wo der Nabelstrang in den Saamen eintritt, befindet sich oft ein verschieden gestalteter Theil, der aus dem verdickten und ausgebreiteten Nabelstrang entstanden ist, aber mit einer Oberschicht (*epidermis*) überzogen, die dem Nabelstrang fehlt.« Eine Epidermis mit Spaltöffnungen haben weder Knospenträger, noch Saamenknospen oder Saamen, noch irgend ein Theil derselben (mit Ausnahme von *Canna* und *Nelumbium*). Ein Epithelium überkleidet den Knospenträger eben so gut, wie die Saamenknospe (oder den Saamen). *Link* führt als Beispiel

251. *Sanguinaria canadensis*. Saamenknospe im Längsschnitt, einige Zeit nach der Befruchtung. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *d* Innere, *f* äussere Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund. *r* Saamennaht mit einem kammähnlichen Auswuchs besetzt.

auch die *caruncula* an *Euphorbia* an (die freilich, wie schon erwähnt, gar nicht hierher gehört), allein gerade an ihr lässt sich keine Oberschicht, ja nicht einmal ein Epithelium unterscheiden, da sie ganz aus zartem, wasserhellen, etwas in die Länge gestreckten Parenchym besteht; dagegen hat der kurze, dicke Knospenträger gerade bei *Euphorbia* eine ausgezeichnet deutliche Oberschicht.

Das einzige wesentliche anatomische Verhältniss ist die Ausbildung einer Zelle des Knospenkerns zum Keimsack *. Dieser ist, so weit ich bis jetzt beurtheilen kann, ohne Ausnahme bei allen Phanerogamen vorhanden; ich darf behaupten, wenigstens 500 Pflanzen aus den verschiedenartigsten Familien (etwa 150) untersucht zu haben, und niemals ist es mir misslungen, wenigstens in früheren Zuständen, den Keimsack unverletzt, oder doch in so grossen Stücken herauszupräpariren, dass über seine Existenz kein Zweifel obwalten konnte. *Meyen* leugnete ihn den Liliaceen ab; ich habe schon früher** nachgewiesen, wie nur höchst mangelhafte Untersuchung daran Schuld ist. *Link* (*El. phil. bot.* [*ed. II.*] *II*, 283) verwirrt Alles, weil er offenbar keine einzige gründliche Untersuchung selbst angestellt hat und deshalb, *Mirbel*, *Brown* und *Brongniart* abschreibend, gar nicht versteht, wovon sie reden. Ihm alle einzelnen Irrthümer und Missgriffe aufzuzählen, würde mich hier zu weit führen, jeder Kundige mag leicht *Link* und die genannten Schriftsteller, so wie meine Darstellung vergleichen.

Am sichersten ist die Beobachtung bei *Lilium candidum* und den meisten Orchideen, weil hier jede Zelle des Knospenkerns einen deutlichen Cytoblasten hat, und so auch die Zelle, welche zum Keimsack sich ausdehnt. Daher erkennt man an dem schon ziemlich ausgebildeten Keimsack diesen stets noch durch seinen Cytoblasten als einfache Zelle. Am leichtesten ist die Darstellung des Keimsacks bei *Phormium tenax*, Amygdaleen, Nymphaeaceen und einigen Cucurbitaceen, bei denen er sich ohne grosse Mühe frei darstellen lässt. Die Form des Keimsacks ist sehr verschieden, zum Theil davon abhängig, ob die Zelle, die sich in ihn umbildet, dem Knospengrunde, der Mitte des Kerns oder der Kernwarze näher liegt. Sehr häufig dehnt er sich anfänglich zu einer cylindrischen, in der Axe des Kerns liegenden Zelle aus, die sich dann von der Spitze (dem der Kernwarze nähern Theil) bis zur Basis allmälig erweitert; bei einigen Familien bleibt diese Erweiterung auf den oberen Theil beschränkt, so dass der untere als ein fadenförmiger Anhang an einer grösseren Blase erscheint (Amygdaleen, Cucurbitaceen, Nymphaeaceen).

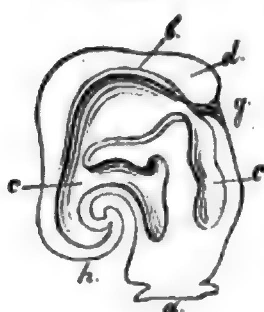
Grosse Verschiedenheiten zeigen sich auch darin, ob der Keimsack viel oder wenig vom Kern verdrängt. Zuweilen ist das Zellgewebe in der Mitte des Kerns in einem Ring um den Keimsack derber und fester zusammenhängend, gewöhnlich dann auch an dieser Stelle mit granulösem Inhalt versehen, daher kann sich der Embryosack nur oberhalb und unterhalb dieser Region ausdehnen, und nimmt so eine Leierform an. Bei einigen Familien verdrängt er frühzeitig den Kern bis auf das Epithelium desselben, die Kernhaut (*membrana nuclei*), die dann leicht zu übersehen ist (z. B. bei den Compositen); bei andern wird auch dieser Rest des Kerns verdrängt und der Keimsack liegt dann in der ausgebildeten Saamenknospe frei in der Höhle der Knospenhülle (z. B. bei den Orchideen); bei den meisten Leguminosen bleibt es dabei nicht stehen, sondern auch die innere Knospenhülle wird zur Resorption gebracht, bald von Oben nach Unten, bald umgekehrt; am Knospengrunde bleibt dann zuweilen ein Rest des Zellgewebes des Kerns als ein Zäpfchen stehen, so weit es die spitz

* *Link*, *Elem. phil. bot.* (*ed. II.*) *II*, *p.* 283 sagt: »*Malpighi's sacculus colliquamenti*, dessen *Rob. Brown* gedenkt, *Mirbel* aber nicht.« *Link* hat *Mirbel* wohl gar nicht gelesen, der ausdrücklich sagt: *la quintine est la vésicule de l'amnios Malpighi* u. s. w. Ferner sagt *Link*: »Dieser Sack ist mit Zellgewebe gefüllt.« Das ist wenigstens bei $^{9}/_{10}$ der Phanerogamen falsch.

** *Wiegmann's* Archiv, Jahrg. 1839, Bd. I. S. 256. *Schleiden*, Beiträge zur Botanik, Bd. I. S. 40 ff.

zulaufende Basis des Keimsacks umfasst, z. B. bei *Phaseolus*. Auch bei andern Familien findet sich im Knospengrunde oft eine kleine warzenförmige Zellengruppe, die stehen bleibt, und weil der Keimsack das Zellgewebe im Umfange verdrängt, zapfenförmig, aber vom Keimsack überkleidet in die Höhle desselben hineinragt, z. B. bei *Hedychium*. Die auffallendsten Erscheinungen kommen bei den Scrophularineen vor; hier ist die einfache Knospenhülle sehr dick, der Micropylecanal sehr lang und der Kern ein sehr dünnes, längeres oder kürzeres Zäpfchen, das bald ganz vom Keimsacke verdrängt wird. Sobald dies geschehen, dehnt sich die Spitze desselben in den Micropylecanal hinein aus und erweitert sich, hier einen Theil der Knospenhülle (des Knospenmundes) verdrängend, sackförmig; bei *Lathraea*, welche Pflanze überall eine wunderlich abweichende Form der Saamenknospe hat, bildet er nicht nur hier, sondern auch am entgegengesetzten Ende einen blinddarmähnlichen, sackförmigen Anhang (252). Endlich bei den Santalaceen tritt er gar als längerer oder kürzerer Sack aus dem Knospenmunde hervor und liegt hier ganz frei*.

252.



253.



Die erwähnte Bildung mehrerer Embryosäcke bei *Viscum* steht bis jetzt einzig da. *Meyen* hat das Verdienst, darauf aufmerksam gemacht und die Sache fast vollkommen entwickelt zu haben. Anfänglich ist das Zellgewebe im Blüthenstiel von *Viscum* völlig homogen, nach und nach sondert sich eine Menge Flüssigkeit zwischen den in der Axe liegenden Zellen ab; sie trennen sich aus ihrem Verbande und bilden eine Art locker von ihnen erfüllter Höhle. Diese hatte ich früher**, ehe ich Material für die vollständige Entwickelungsgeschichte hatte, irrthümlich als Embryosack angegeben. Von den lockern Zellen in dieser Höhle dehnen sich dann zwei bis drei schlauchförmig aus, die andern losen Zellen allmälig verdrängend (253). Alles übrige, die allmälige Bildung von Zellgewebe und die späteren Vorgänge bei Bildung des Embryo stimmen dann ganz mit den andern Pflanzen überein***.

Nur in wenigen Fällen füllt sich der Keimsack schon in dieser Periode ganz mit Zellgewebe an, aber bei gar vielen Pflanzen beginnt schon in dieser Zeit (was später immer geschieht) eine Zellenbildung, die stets von dem Umfange der Höhle anfängt und nach Innen fortschreitet; haben sich auf diese Weise im Umfang einige Lagen

252. *Lathraea squamaria*. Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Anheftungspunkt. *b* Knospenkern (als Kernhaut). *c* Keimsack mit seinen Anhängseln. *d* Einfache Knospenhülle. *g* Knospenmund. *h* Knospengrund.

253. *Viscum album*. Längsschnitt durch die weibliche Blüthe. *a* Anheftungspunkt und Knospengrund. *b* Ende der Blüthenaxe als Saamenknospe, einen nicht gekrümmten nackten Knospenkern bildend. *c* Grenze des Markes im Blüthenstiel, in dem sich auch die Embryosäcke entwickeln (in der Zeichnung zwei). *x* Blüthenhülle.

---

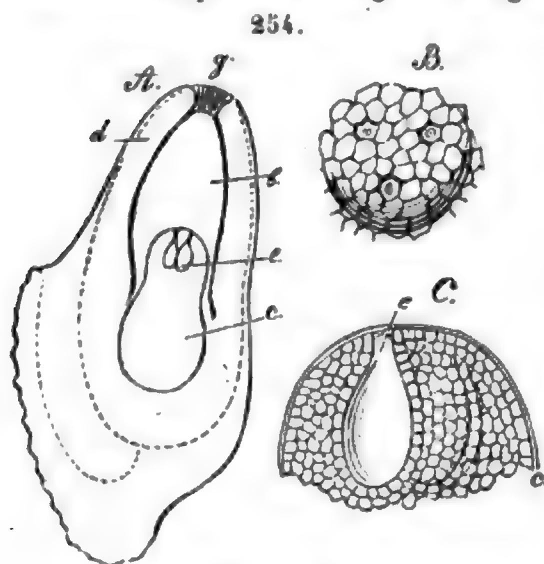
* *Griffith on the ovulum of Santalum album in Transactions of the Linnean soc. Vol. XVIII.*

** *Wiegmann's* Archiv, Jahrg. 1839, Bd. I. S. 212. *Schleiden*, Beiträge zur Bot. Bd. I. S. 21. Taf. II. Fig. 15.

*** *Link* (*Wiegmann's* Archiv, Jahrg. 1841, B. II. S. 393) sagt, indem er *Decaisne's* sehr schätzbare, aber viel zu spät anfangende Untersuchungen *Meyen's* vortrefflicher Arbeit entgegensetzt, ohne auf *Meyen's* Thatsachen sich nur im Geringsten einzulassen: »Hätte *Meyen* seine Untersuchungen lange genug fortgesetzt, so würde er seinen Irrthum eingesehen haben.« Das directe Gegentheil auf *Decaisne* angewendet, wäre ein treffendes Urtheil. *Link* meint, *Meyen* habe nicht an das *pericarpium*, an die Beere gedacht. Hat *Link* dabei wohl an den saftigen, beerenartigen Saamen von *Punica* gedacht? Als ob der Blüthenstiel, in welchem sich ein Embryo gebildet hat, nicht eben so gut beerenartig und saftig werden könnte, als der Blüthenstiel von *Anacardium*, der keinen Embryo enthält.

Zellgewebe gebildet, so stellen sie das vor, was *Mirbel* die *Quartine* nannte und sie, weil er ihre Entwickelungsgeschichte nicht vollständig verfolgt hatte, als vierte Knospenhülle zwischen Kernhaut und Keimsack setzte. Es ist ein gar nicht seltenes Vorkommen, und gerade bei der von *Mirbel* angeführten Familie der Cruciferen leicht in der Weise, wie ich es dargestellt habe, zu verfolgen. Von Knospenhülle kann hier durchaus nicht die Rede sein. Ich will nur vorläufig bemerken, dass sich **jeder** Keimsack später allmälig mit Zellgewebe füllt, welches entweder vom nachwachsenden Embryo vollständig verdrängt wird, oder als Endosperm (Albumen) stehen bleibt; ob es etwas früher oder später auftritt, macht gar keinen Unterschied. Bei den Coniferen bildet sich ebenfalls Zellgewebe im Keimsack, welches sich aber so anordnet, dass 3—6 grössere Zellen unmittelbar unter dem der Kernwarze zugewendeten Theil, und nach Aussen nur vom Keimsack bedeckt, sich besonders stark entwickeln. Die Lage Zellgewebe, welches die Zellen begrenzt, nimmt ein epitheliumartiges Aussehen an, so dass diese Zellen als bestimmt begrenzte kleine Säcke erscheinen (*Rob. Brown's corpuscula*), Die Bildung derselben habe ich bei den einheimischen Coniferen, namentlich *Pinus*, *Abies*, *Larix*, *Taxus*, *Thuja*, *Juniperus* u. s. w. vollständig in dieser Weise verfolgt. In den jungen Zellen im Keimsack findet gar häufig Saftbewegung in netzförmig verästelten Strömchen statt (z. B. bei *Ceratophyllum*, *Nymphaea*, *Nuphar*, *Pedicularis* u. s. w.). Die eigenthümlichen Formen derselben bei *Ceratophyllum* habe ich in der *Linnaea* ausführlich beschrieben. In neuerer Zeit ist die meist transitorische Zellenbildung im Embryosack Gegenstand genauerer Untersuchungen geworden, weil man dieselbe in eine wesentliche Beziehung zur Bildung des Keimes brachte. Nachdem *Amici** und *Mohl*** bei den Orchideen die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, ist die darauf gebaute Theorie von *Hofmeister**** weiter ausgebildet worden. Die ausführliche Besprechung dieses Gegenstandes kann erst später bei der Bildungsgeschichte des Embryo erfolgen.

254.



III. Von der Umbildung und Entwickelung der Blüthentheile zur Frucht.

§. 162.

Aus der Blüthe entwickelt sich durch mannigfache Veränderungen der einzelnen Theile die Frucht. Das Eintreten aller dieser Vorgänge ist aber hauptsächlich (im natürlichen Zustande der Pflanze, im wilden, immer [?]) an dasjenige Verhält-

254. *Abies excelsa*. *A*. Saamenknospe im Längsschnitt. *b* Knospenkern. *c* Keimsack. *e Corpuscula Rob. Br.* *d* Einfache Knospenhülle. *g* Knospenmund. *B*. Oberer Theil des Keimsacks von oben gesehen; man erkennt drei Oeffnungen durch grössere Zellen gebildet, dadurch charakterisirt, dass der Cytoblast gerade nach Aussen liegt. *C*. Oberer Theil des Keimsacks im Längsschnitt. *c* Keimsack. *e Corpuscula Rob. Brown*, ein anderes schimmert rechts durch das Zellgewebe, welches den Keimsack erfüllt, durch.

* Botanische Zeitung 1846, Sp. 364 ff.

** Botanische Zeitung 1846, Sp. 465 ff.

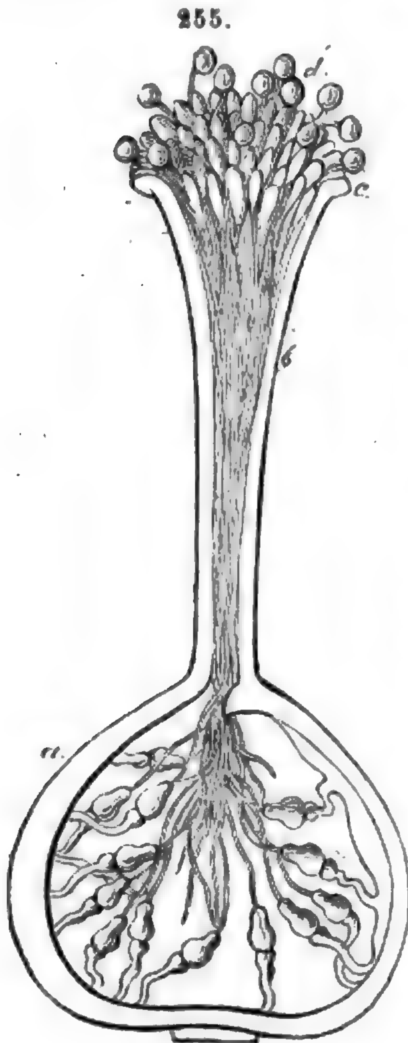
*** Botanische Zeitung 1846, Sp. 785 ff. und »Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen«. Leipzig 1849.

niss geknüpft, welches man bisher Befruchtung der Pflanze zu nennen gewohnt war. Hier haben wir es nicht mit Erklärung und Deutung der dabei stattfindenden Erscheinungen zu thun, sondern nur mit der morphologischen Entwickelung, die folgende vier Abschnitte umfasst: *A.* Von der Ortsveränderung und Entwickelung des Blüthenstaubs bis zum Keimkügelchen. *B.* Entwickelung des Keimkügelchens zum Keim. *C.* Ausbildung des Fruchtknotens und der Saamenknospe zu Frucht und Saamen. *D.* Erscheinungen an den übrigen Blüthentheilen während dieser Vorgänge.

A. Von der Ortsveränderung und Entwickelung des Blüthenstaubs bis zum Keimkügelchen.

§. 163.

Sobald der Pollen völlig ausgebildet ist und die Antherenfächer aufgerissen sind, werden die Körner auf irgend eine Weise früher oder später, bei den Loranthaceen auf die Kernwarze, bei den Coniferen und Cycadeen auf den Knospenmund und bei den übrigen Pflanzen auf die Narbe, oder endlich bei Asclepiadeen und Apocyneen auf die die Narbe vertretenden Stellen des Narbenkörpers gebracht. Hier bleiben die Körner längere oder kürzere Zeit liegen, schwellen dann etwas an und die Pollenzelle wächst allmälig an einer Stelle ihres Umfangs zu einer fadenförmigen Zelle aus, zum Pollenschlauch (*tubus pollinis*, *tube pollinique*, *boyeau*, *pollentubes*, *budelli pollinici*). Dieser dringt bei den erstgenannten drei Familien unmittelbar in die Kernwarze ein, bei den übrigen folgt er dem leitenden Zellgewebe, bald auf seiner Oberfläche fortwachsend, bald sich durch die aufgelockerten Zellen desselben durchdrängend, bis in die Fruchtknotenhöhle und dringt hier durch den Knospenmund oder unmittelbar in die Kernwarze der Saamenknospe ein.



Ob und wie der Embryo aus dem Pollenschlauche entsteht, ist zunächst ganz unabhängig von der Frage, ob und wie jedesmal der Pollenschlauch den Saamenmund und die Kernwarze erreicht, und es ist wichtig für die Feststellung der Thatsachen, beide Fragen völlig von einander zu sondern. Die erste Frage nun, wie verhält sich die Pollenzelle auf der Narbe, glaube ich, wie im Paragraphen geschehen, für alle Phanerogamen ohne Ausnahme beantworten zu dürfen; darüber, glaube ich, können die bereits vorliegenden Thatsachen keinen Zweifel übrig lassen, es wäre vielmehr zu wünschen, dass alle unsere Inductionen in der Botanik so gut gestützt wären. Zur Erläuterung dieses Vorganges mag ein Präparat von *Helianthemum denticulatum* (255) dienen, bei welcher Pflanze ich nicht selten die Pollenschläuche vom Pollenkorn bis

255. *Helianthemum denticulatum.* Der Stempel im Längsschnitt. *a* Fruchtknoten. *b* Staubweg. *c* Narbe. *d* Pollenkörner, von welchen die Schläuche bis zu den Saamenknospen im Fruchtknoten herabsteigen.

zur Saamenknospe in einer Continuität frei präparirte. Daneben verweise ich noch auf die Kupfertafel IV, Fig. 1—3 nebst Erklärung. Es scheint mir aber nicht unzweckmässig, hier eine Uebersicht der zum Grunde liegenden Beobachtungen zu geben. An Pflanzen aus folgenden Familien habe ich die Pollenschläuche von der Narbe bis in den Saamenmund verfolgt; bei Pflanzen der mit einem Sterne bezeichneten Familien habe ich öfter den Pollenschlauch vom Pollenkorn bis zur Saamenknospe in ununterbrochener Continuität völlig isolirt.

Abietineae *. *Cupressineae* *. *Lemnaceae*. *Pistiaceae*. *Aroideae*. *Typhaceae*. *Orontiaceae*. *Najadeae*. *Alismaceae*. *Junceae*. *Philhydreae*. *Liliaceae*. (*Phormiaceae*, *Aloineae*, *Hemerocallideae*, *Asphodeleae*, *Tulipaceae*). *Colchicaceae*. *Bromeliaceae*. *Irideae*. *Hydrocharideae*. *Scitamineae*. *Orchideae* (*Orphrydeae*. *Arethuseae*, *Neottieae*). *Palmae*. *Gramineae*. *Cyperaceae*. *Nymphaeaceae*. *Ranunculaceae*. *Papaveraceae*. *Cruciferae*. *Resedaceae*. *Passifloreae*. *Cucurbitaceae*. *Cacteae*. *Santalaceae*. *Ceratophylleae*. *Podostemeae*. *Thymeleae*. *Phytolacceae*. *Polygoneae*. *Nyctagineae*. *Limnanthaceae*. *Euphorbiaceae*. *Cistineae*. *Lineae*. *Tropaeoleae*. *Malvaceae*. *Sterculiaceae*. *Rosaceae*. *Amygdaleae*. *Leguminosae*. *Illecebreae*. *Scleranthaceae*. *Sileneae*. *Alsineae*. *Callitrichaceae*. *Portulaceae*. *Staphyleaceae*. *Onagreae*. *Halorageae*. *Trapaceae*. *Loaseae*. *Plumbagineae*. *Rubiaceae*. *Umbelliferae*. *Stylideae*. *Lentibularieae*. *Violaceae*. *Primulaceae*. *Ericeae*. *Pedalineae*. *Labiatae*. *Borragineae*. *Orobancheae*. *Scrophularinae* (*Salpiglossideae*, *Digitaleae*, *Rhinantheae*, *Veroniceae*). *Solaneae*. *Polemoniaceae*. *Cuscutaceae*. *Gentianeae*. *Apocyneae*. *Asclepiadeae*. *Campanulaceae*. *Compositae*.

Zu der vorstehenden Aufzählung muss ich noch folgende Bemerkungen machen. *Pistia commutata* untersuchte ich nach trockenen Exemplaren, *Pistia obcordata*, *Cryptocoryne spiralis*, *Podostemon ceratophyllum* nach Exemplaren, die in Weingeist aufbewahrt waren. Uebrigens ist das Verzeichniss nur als Aufzählung einiger Beispiele anzusehen, denn in den letzten Jahren hielt ich es nicht mehr der Mühe werth, das früher streng geführte Register über diese Eine Thatsache, die schon hierdurch ausser Zweifel gesetzt ist, noch länger fortzusetzen, und eine grosse Anzahl noch hinzukommender Familien und Arten müsste ich aus der Erinnerung nennen, was ich für unzweckmässig achte. Der grösste Theil der vorstehenden Beobachtungen war schon in Berlin von mir gemacht, und ich pflegte meinen Onkel *Horkel* stets als einen *testem omni exceptione majorem* hinzuzuziehen, und so sind die meisten Thatsachen von ihm als völlig bestätigt anzusehen, wie er bereits früher öffentlich ausgesprochen*. Von anderer Seite kommen nachfolgende Bestätigungen hinzu. Zunächst *Rob. Brown* für die *Asclepiadeae* und *Orchideae*; *Wydler* für *Scrophularia*-Arten, *Griffith* für die Santalaceen. Auch *Brongniart's* Beobachtungen des noch aus dem Knospenmund hervorhängenden Pollenschlauchs kann man jetzt hierher zählen, obwohl er über seine Entstehung eine abweichende Ansicht hatte, also die Familien der *Cucurbitaceae*, *Polygoneae*, *Euphorbiaceae* und *Convolvulaceae*; ferner *Amici* für *Yucca gloriosa* und viele andere, aber nicht speciell von ihm genannte Pflanzen; endlich ist hier auch *Meyen* zu nennen, obwohl er in seiner ganzen etwas confusen Darstellung der Befruchtung und Keimbildung zwar beständig von der Allgemeinheit des Herabsteigens der Pollenschläuche spricht, aber mit Bestimmtheit nicht eine einzige Pflanze nennt, bei der er es wirklich beobachtet hätte, dagegen führt er eine grosse Zahl von Pflanzen aus den schon oben genannten Familien, sowie noch aus einigen andern an, bei denen er die Pollenschläuche in den Knospenmund eingetreten beobachtete. Ich halte es nicht für nöthig die spätern Untersuchungen Anderer über diesen Punkt noch mitzutheilen, denn die Thatsache steht so fest, dass man etwanigen Zweiflern gar nicht mehr zu antworten braucht.

---

* Monatsberichte der Berliner Academie der Wissenschaften, August 1836.

So leicht die Beobachtung bei einigen Familien ist, so schwierig ist sie bei andern; nicht nur treten hier dieselben Verhältnisse ein wie bei der Verfolgung des Canals von der Narbe bis zur Fruchtknotenhöhle, sondern es gehört noch ungleich grössere Zartheit und Gewandtheit im Präpariren dazu, das leitende Zellgewebe auf grössere Strecken auf eine solche Weise bloszulegen, dass man es bequem unterm einfachen Mikroskop aus einander ziehen und die Pollenschläuche herauslösen kann. Während ich bei einigen Pflanzen, *Orchideae*, *Datura*, *Oenothera*, *Helianthemum* (255), mich anheischig mache, augenblicklich die Schläuche vom Stigma bis zur Saamenknospe bloszulegen, welche Pflanzen ich auch alljährlich zur Demonstration in meinen Vorlesungen wähle, so habe ich an andern oft acht und selbst vierzehn Tage von früh bis spät präparirt, bis es mir endlich einmal gelang, den ganzen Verlauf des Pollenschlauchs mit völliger Sicherheit wahrzunehmen. Ja zuweilen blieben meine Untersuchungen in dem einen Jahre ganz mangelhaft und vollendeten sich erst durch Wiederaufnahme derselben in den folgenden Jahren. Ich bemerke dies hier deshalb, weil ich gefunden, dass Viele sich die Sache gar zu leicht vorstellsn und wenn's nicht auf den ersten Versuch glückt, gleich meinen, ihre negative Beobachtung habe genügenden Werth zur Beseitigung der Behauptung Anderer, während sie doch nur als Zeugniss ihrer Ungeschicklichkeit oder Ungeduld beim Präpariren und zwar hier entschiedenen Werth hat*. Am besten trennt man mit einem breiten, scharfen Messer (ich benutzte stets ein Rasirmesser) aus der Axe des ganzen Stempels eine nicht zu zarte Lamelle so heraus, dass der Schnitt einen Theil der Narbe und das leitende Zellgewebe bis zu den Saamenknospen möglichst vollständig enthält. Diesen Schnitt bringt man unter das einfache Mikroskop und trennt nun mit der Nadel, von dem Stigma anfangend, die gesammten Pollenschläuche, die vorhanden sind, von dem anliegenden Zellgewebe bis zu den Saamenknospen fortschreitend; dann schneidet man an diesen den Nabelstrang von dem Saamenträger ab, wobei man sich hüten muss, die Pollenschläuche mit durchzuschneiden, und sucht dann die einzelnen Schläuche von einander zu trennen, bis man durch Einen zum Saamenmunde geführt wird. Häufig muss man sich aber damit begnügen, die ganze Procedur theilweise vorzunehmen, indem man nach und nach möglichst lange Stücke des leitenden Zellgewebes von der Narbe bis zu den Saamenknospen untersucht und so sich von dem völligen Herabsteigen der Pollenschläuche versichert. Am meisten erleichtert man sich das Aufsuchen und Verfolgen der Schläuche besonders bei Dichogamen, Monöcisten und Diöcisten, wenn man die völlig entwickelten Narben selbst mit Pollen aus einer kürzlich aufgesprungenen Anthere bestäubt und dann zu verschiedenen Zeiten untersucht. Die Zeit, in der dieser Wachsthumsprocess vollendet wird, ist sehr verschieden; bei dem neun Zoll langen Staubweg von *Cereus grandiflorus* erreicht das Ende des Pollenschlauchs schon nach wenigen Stunden die Saamenknospen, bei dem oft dreizehnzölligen von *Colchicum autumnale* in etwa zwölf Stunden, bei andern dauert es oft wochenlang, bis der sehr kurze Weg zurückgelegt wird. Auch wachsen nicht alle Pollenkörner, die oft auch zu verschiedenen Zeiten auf die Narbe übertragen werden,

* Uebrigens ist diese Schwierigkeit der Untersuchung, die doch nur in einigen Fällen eintritt, keineswegs der Grund, weshalb für diese wichtigste aller Lehren seit 1823, wo der Gegenstand durch *Amici's* Entdeckungen angeregt wurde, bis 1842 nur fünf, sage fünf Männer zu nennen sind, die Beiträge zur Fortbildung geliefert haben, sondern die hergebrachte Gleichgültigkeit der meisten Botaniker gegen alle tiefer eindringende, ächt wissenschaftliche Untersuchungen. Wie wesentlich die Beantwortung der ganzen Frage dadurch modificirt wird, ob die Narbe mit einer dichten, structurlosen Membran überzogen ist oder nicht, sieht ein Jeder ein. *Brongniart* hatte das Dasein einer solchen Membran für *Nymphaea*, *Hibiscus*, *Mirabilis* 1827 behauptet; 1837 sagt *Link*: »nach *Brongniart* soll es so sein«; also in zehn Jahren hatte er es nicht der Mühe Werth geachtet, diese überall zur Hand seienden Pflanzen selbst einmal anzusehen, um *Brongniart's* Ansicht zu bestätigen oder zu widerlegen. Ist so etwas wohl in irgend einem andern Zweige der Naturwissenschaften erhört?

gleichzeitig herab. Endlich ist die Dauer des obern Endes, welches noch im Pollenkorn steckt oder doch darin gesteckt hat, sehr verschieden; während bei einigen Pflanzen wochenlang der Pollenschlauch in seiner ganzen Länge erkennbar bleibt, stirbt er bei andern fast eben so schnell von Oben her ab, wie er nach Unten zu anwächst. Bei Pflanzen, deren Narbenflüssigkeit zu einer Art Membran erhärtet, bleibt der Theil des Schlauchs zwischen dieser Membran und dem Pollenkorn oft lange sichtbar, während der Theil von der Membran bis zum fortwachsenden Ende bald abstirbt, z. B. bei *Nymphaea*, *Mirabilis* u. s. w. Die angegebenen Verschiedenheiten machen es ganz unmöglich, für alle Pflanzen im Voraus sichere Anweisung zu geben. Man muss die Geduld haben, durch öftere misslungene Versuche sich nicht abschrecken zu lassen, bis man der Pflanze ihre Eigenthümlichkeit abgelauscht; wer diese Geduld nicht hat, passt überall nicht zum Naturforscher.

Es wird von Vielen noch eine Schwierigkeit in der Beobachtung der Pollenschläuche aufgeführt, die ich nach meinen Untersuchungen durchaus für keine halten kann, nämlich die mögliche Verwechslung der Zellen des leitenden Zellgewebes mit den Pollenschläuchen. Mir ist keine Pflanze bis jetzt bekannt geworden, wo eine solche Verwechslung möglich wäre; stets sind die Zellen des leitenden Zellgewebes um das Doppelte und Dreifache dicker, als die Pollenschläuche derselben Pflanze; bei keiner Pflanze sind jene Zellen länger, als sehr lange Zellen langgestreckten Parenchyms, d. h. etwa $^1/_{10}$ Linie, und daher giebt sich jeder Pollenschlauch sogleich durch die Continuität des Lumens auf grösseren Strecken zu erkennen. Die Klage über die Möglichkeit ihrer Verwechslung ist auch allein aus sehr verkehrter Untersuchungsmethode hervorgegangen. Wer eine befruchtete Pflanze vornimmt, flüchtig einen Längsschnitt aus dem Staubweg untersucht, mag vielleicht zweifeln, ob er eine langgestreckte Zelle oder einen Pollenschlauch vor sich habe; wer aber, und das ist der einzig richtige Weg, erst die Entwickelung des Stempels in allen seinen Theilen bis zur Zeit der Blüthe verfolgt und dann, vertraut mit dem Vorhandenen, einen befruchteten Stempel untersucht, erkennt augenblicklich, welche neuen Elemente im Staubweg hinzugekommen sind, und wird nie an die Möglichkeit einer Verwechslung der Pollenschläuche mit leitendem Zellgewebe auch nur denken können. Endlich muss ich noch die schon von *Horkel* (a. a. O.) ausgesprochene Ansicht bestätigen, dass *Rob. Brown's* Schleimröhren (*mucous tubes*) nichts Anderes sind, als die Pollenschläuche, deren Zusammenhang mit dem Pollenkorn schon zerstört ist. In gewisser Zeit nach der Befruchtung sind alle Pollenschläuche bei den Orchideen Schleimröhren geworden, weil sie von Aussen nach Innen abzusterben anfangen.

Meyen hat schon verästelte Pollenschläuche beobachtet; sie sind nichts weniger als selten und z. B. leicht bei *Viola tricolor* zu finden. In der Nähe der Saamenknospen oder gar innerhalb des Knospenmundes habe ich zuweilen ein ganz kurzes, blindes Seitenästchen von einem Pollenschlauch abgehen sehen, und überhaupt zeigen sie, sonst ziemlich glatt und cylindrisch, hier sehr häufig sehr unregelmässige Krümmungen und Varicositäten. Bei der ersten Bildung des Schlauchs zeigt der Inhalt der Pollenzelle gewöhnlich eine lebhafte Circulation, die aber sehr bald aufhört; nach und nach zieht sich der Inhalt im Schlauch herab bis in die Spitze, theils unverändert, theils chemisch in andere Stoffe umgewandelt, oft zu einer ganz wasserhellen, klaren Flüssigkeit aufgelöst.

Dass die Pollenkörner durch Endosmose im Wasser aufquellen und bersten, und dann der gerinnende Inhalt in wurmförmiger Gestalt heraustritt, ist bekannt, hat aber mit der Schlauchbildung auf dem Stigma nichts zu thun; dagegen kann man sich fast von jeder Pollenart ächte Schläuche zur klareren Beobachtung, als es bei den vom Stigma genommenen meistens möglich ist, verschaffen, wenn man sie in den von einigen Pflanzen abgesonderten süssen Saft, z. B. in den Nectarspiegel der Kaiserkrone, den reichlichen Nectar der *Hoja carnosa*, oder zuweilen auch nur in gehörig concentrirtes Zuckerwasser oder diluirten Honig legt. Hier ist's dann auch gewöhnlich leicht,

die von *Amici* zuerst beobachtete Circulation des Inhalts der Pollenzellen bei Bildung des Schlauches zu beobachten. Auch ohne menschliches Zuthun treiben die zufällig mit dem Nectar in Berührung kommenden Pollenkörner leicht Schläuche, und man findet oft auf dem Grunde der Blume ganze Massen confervenartigen Geflechts, welches sich als so getriebene, durch einander gewirrte Pollenschläuche ausweist. Ja, in den gewöhnlich etwas süsse Säfte absondernden Antheren der Aristolochien treibt der Pollen nicht selten ebenfalls Schläuche, die denn auch wohl, wie ich beobachtet zu haben glaube, zufällig über den Rand der Anthere hinaus auf die Narbe kommen und so in die Fruchtknotenhöhle hinabsteigen, ohne erst die hier gewöhnlich hülfreichen Insecten abzuwarten.

Geschichtliches und Kritisches.

Bei manchen Pflanzen sind die Pollenschläuche, zumal durch ihre Masse, so auffallend, dass sie, ungeachtet man über das Verhalten des Pollens auf dem Stigma alle möglichen, nur nicht die richtigen Ansichten hatte, doch nicht völlig übersehen werden konnten, wenn es einmal den wenigen mikroskopischen Beobachtern des 18. Jahrhunderts einfiel, die betreffenden Localitäten genauer zu betrachten. *Horkel*, a. a. O., hat die frühesten Spuren dieser Beobachtungen gesammelt, *Amici** bleibt aber die Entdeckung, dass aus dem Pollenkorn ein Schlauch heraustrete und zwischen die Narbenpapillen eindringe, sowie er auch der Erste war, der den Pollenschlauch vom Stigma bis in den Saamenmund verfolgte, wahrscheinlich an *Yucca gloriosa***. Dazwischen aber hatte *Ad. Brongniart**** seine weit umfassenden Untersuchungen bekannt gemacht, bei denen er den Pollenschlauch überall auf der Narbe und bei vielen Pflanzen auch als abgerissenes Ende aus dem Saamenmunde heraushängend beobachtete. Diese beiden zerrissenen Enden knüpfte nun *Rob. Brown***** zusammen (1831, 32, 33), indem er mit seiner bekannten Gründlichkeit und Genauigkeit die *Amici*'sche Entdeckung auf zwei der abweichendsten Familien anwendete, auf Asclepiadeen und Orchideen, und für beide das Fortwachsen der Pollenschläuche bis in die Saamenknospen über jeden Zweifel erhob. Ich selbst dehnte *Rob. Brown's* Beobachtungen auf eine grössere Anzahl von Familien aus, und diese Beobachtungen, von *Horkel* bestätigt, wurden von diesem in den Monatsberichten der Berliner Academie, August 1836, und von mir in *Wiegmann's* Archiv, 1837 (Bd. I. S. 312 ff.), bekannt gemacht. Der Aufsatz von *Horkel* scheint gänzlich unbeachtet geblieben zu sein. Endlich beobachtete *Wydler* † in Bern das Herabsteigen der Pollenschläuche und ihr Eintreten in die Saamenknospen bei mehreren *Scrophularia*-Arten, und *Meyen* bestätigte die vorhandenen Beobachtungen ebenfalls als richtig, ohne gerade speciell die Pflanzen zu nennen, an denen er den Pollenschlauch vollständig verfolgt hatte, aber doch ein reiches Material bringend von Beobachtungen über das Eindringen unzweifelhafter Pollenschläuche in den Saamenmund. So stand für den Eingeweihten die Thatsache, dass bei allen Phanerogamen die Pollenschläuche bis in die Saamenknospe hinabsteigen, als Naturgesetz fest, bis in neuerer Zeit *Hartig* †† die ganze Sache umstossen zu wollen schien. Zunächst muss es ein Vorurtheil gegen das Werk erwecken, dass es wieder, statt unbefangen und sicher beobachtete Thatsachen mitzutheilen,

---

* *Mem. di Soc. Ital. Tom. XIX. p.* 253—257. (1823.)

** *Annales des Soc. nat. Tom. XXI. p.* 331. (1830.)

*** *Mém. sur la génération et le développement de l'embryon etc. Paris* 1827; übersetzt in *Rob. Brown's* vermischten Schriften; herausg. von *Nees v. Esenbeck*, Bd. IV.

**** *Observations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. London* 1833. *Rob. Brown's* vermischte Schriften, herausg. von *Nees v. Esenbeck*. B. IV.

† *Bibliothèque univers. de Genève*, 1838. *Oct.*

†† Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen u. s. w. Braunschweig 1842.

gleich eine neue sogenannte Theorie darüber ausspinnt und abermals eine reichhaltige neue Terminologie bietet. *Hartig* spricht nun allerdings von vielen neuen Entdeckungen; aber wenn man zusieht, findet man auch nicht eine einzige Thatsache, die nicht früher schon besser bekannt gewesen wäre. Zweierlei begründet die völlige Unfruchtbarkeit dieses Buches zur Förderung unserer Wissenschaft; einmal des Verfassers völlige Unkenntniss mit der betreffenden Literatur, mit dem, was vor ihm in der Wissenschaft von Andern geleistet schon feststand. Zweitens fehlt es *Hartig* offenbar an der nöthigen Geschicklichkeit im Präpariren und an der richtigen Methode. So sagt eigentlich seine ganze Arbeit nur, es ist mir bei den meisten Pflanzen nicht gelungen, die Pollenschläuche zu verfolgen, wobei zu bemerken, dass er sie theils am unrechten Orte, theils (so bei dichogamen Blüthen) zur unrechten Zeit suchte; dabei nahm er sogleich eine neue Befruchtungsweise an, wo er Pollenkörner liegen und vertrocknen, oder unvollkommene Schläuche treiben sah. *Hartig* hat in der Einleitung selbst ein so klares und richtiges Raisonnement, dass er damit leicht zu widerlegen ist. Er stellt die Frage so: Kann die Grundlage des Embryo einmal im Pollenschlauch, ein andermal im Fruchtknoten, in der Saamenknospe, liegen? und verneint diese Frage mit völligem Rechte; denn es ist kein Grund vorhanden, hier ein solches planloses Schwanken der Natur anzunehmen. Dann fährt *Hartig* fort: Ist nun ein unzweifelhafter Fall vorhanden, dass der Embryo nicht aus den Pollenschläuchen entstehen kann, so ist auch consequent seine Entstehung aus denselbem überall zu leugnen. Auch dies ist völlig richtig, nur ist die Sache wegen des grössern Werthes und des leichtern Beweises positiver Behauptungen besser umgekehrt zu stellen. Ist nämlich unzweifelhaft die Entstehung des Embryo aus dem Pollenschlauch auch nur in einem Falle beobachtet, so ist die Sache entschieden und alle scheinbar entgegenstehenden Thatsachen fallen in die Classe der unvollständigen Beobachtungen. Solche Fälle liegen aber in der That vor, selbst wenn ich von meiner ganz klaren und keine andern Deutungen zulassenden Beobachtungen ganz absehe, so hat doch auch *Wydler* für *Scrophularia*, *Meyen* für *Fritillaria imperialis* die vollständigsten Beweise geliefert, und besonders *Meyen's* Beobachtung ist um so entscheidender, da er, von vorgefassten Meinungen ausgehend, ein solches Ergebniss der Untersuchung weder erwarten, noch zugestehen konnte und deshalb sich alle Mühe giebt, jene Thatsache, die er zu unterschlagen viel zu redlich ist, wegzuinterpretiren. So wäre die Frage auf der von *Hartig* selbst gegebenen Grundlage gegen ihn selbst entschieden. Er meint aber die Entscheidung anders geben zu können, indem er jene Facta ignorirt und sich auf seine Beoachtungen an *Campanula* beruft, wie er selbst zugiebt, die einzige sichere Stütze seiner abweichenden Ansicht. Dieser Grundpfeiler ist aber sehr schwach; das lange vor ihm beobachtete eigenthümliche Verhalten der Sammelhaare hat nämlich mit der Befruchtung gar nichts zu thun, als höchstens insofern durch das Einziehen der Haare der meiste Pollen von ihnen abgestreift wird und somit lose den Winden und Insecten zum Transport auf's Stigma preisgegeben ist*. Die Befruchtung geht bei den Campanulaceen ganz anders vor sich. Nie habe ich die Pollenschläuche bei eifrigem und geduldigem Suchen auf der Narbe und am Knospenmund vermisst, bei *Campanula medium* und *rapunculoides* habe ich ihren ganzen Weg verfolgt; bei ersterer ist es sogar nicht schwer, die ganzen Schläuche in unverletzter Continuität darzustellen. Auch zweifle ich nicht, dass *Hartig*, der offenbar Ernst und Eifer für die Wissenschaft hat, sich in Kurzem selbst von der Unhaltbarkeit seiner angeblichen Theorie überzeugen wird. Weiter auf *Hartig's* Ansichten einzugehen, halte ich für völlig überflüssig, da es sich hier nur um mangelhafte Auffassung längst besser bekannter Thatsachen handelt. *Hartig* hat eine ziemlich unglückliche Vertheidigung

---

* Ein Herr *Wilson* (*Mohl* und *Schlechtendahl* bot. Zeitg. I. 382 und 870) hat ebenfalls mit seinem Beobachtungstalent an den Sammelhaaren der Campanulaceen Schiffbruch gelitten.

seiner »Theorie« versucht*. Ich glaube aber in meiner Antwort** die ganze Sache völlig beseitigt zu haben.

§. 164.

Der Pollenschlauch, der auf die angegebene Weise in die Saamenknospe gekommen ist, trifft entweder sogleich auf den Keimsack, oder dringt durch die Intercellulargänge des um diese Zeit durch eine Absonderung etwas aufgelockerten Zellgewebes der Kernwarze, bis er den Keimsack erreicht.

Demnächst erscheint das Ende des Pollenschlauchs innerhalb des Keimsacks als ein längerer oder kürzerer, cylindrischer oder eiförmiger Schlauch, der nach der Höhle zu rund geschlossen ist, nach der Spitze des Keimsacks offen in den Pollenschlauch ausläuft; das Ende schwillt bald an, entweder so, dass das hieraus hervorgehende Bläschen (Keimbläschen) der ganze im Innern des Keimsacks enthaltene Theil des Schlauchs ist, oder so, dass zwischen diesem Bläschen und der Spitze des Keimsacks noch ein längeres oder kürzeres, cylindrisches Stück, der Keim- oder Embryoträger (*filamentum suspensorium*, *filament suspenseur*, *Mirbel*) zurückbleibt. Sodann bildet sich im Innern des Pollenschlauches Zellgewebe, indem Cytoblasten entstehen und auf diesen sich Zellen entwickeln. Dadurch, dass in diesen Zellen neue Zellen entstehen und so fort, wird das Keimbläschen zuletzt, unter allmäliger Volumenvergrösserung und unter Resorption der Mutterzellen, zu einem kleinen kugeligen oder eiförmigen, zelligen Körperchen. Zugleich schnürt sich der Pollenschlauch aussen am Keimsack gewöhnlich ab und wird resorbirt, und häufig wird auch, besonders wo kein Embryoträger vorhanden ist, das Keimbläschen selbst abgeschnürt und liegt dann völlig frei in der Spitze des Keimsacks.

Die Untersuchung der in diesem Paragraphen beschriebenen Vorgänge gehört ohne Zweifel, nächst der Entstehung neuer Zellen im gedrängten Parenchym, zu den schwierigsten Aufgaben in der Botanik. Seit ich jene Thatsachen bekannt machte, ist zwar viel darüber geredet worden, aber von den vielen hundert Botanikern haben sich nur wenige gefunden, die sorgfältige Untersuchungen der Art gemacht haben. Folgendes sind die Pflanzen, an denen ich bis jetzt die Bildung des Keimbläschens aus dem Ende des Pollenschlauchs in der Weise vollständig beobachtet habe, dass ich das schon vollkommen deutliche, im Keimsack erkennbare Keimbläschen in völlig unverletzter Continuität mit dem mindestens noch ausserhalb des Kerns vorhandenen Pollenschlauche ganz frei präparirte und später die Entstehung des Embryokügelchens durch Bildung von Zellen im Keimbläschen verfolgte:

Phormium tenax, *Eucomis punctata*, *Sisyrinchium anceps*, *Stratiotes aloides*, *Canna Sellowii*, *Maranta gibba*, *Orchis morio* (Taf. IV. Fig. 4), *latifolia* (Taf. IV. Fig. 5, 6), *palustris*, *Zea mays*, *Nuphar luteum*, *Momordica elaterium* (Taf. IV. Fig. 13—15), *Daphne mezereum*, *Phytolacca decandra*, *Polygonum orientale*, *Mirabilis jalapa*, *longiflora*, *Limnanthes Douglasii*, *Linum pallescens*, *Tropaeolum majus*, *Cicer arietinum*, *Phaseolus vulgaris*, *Oenothera viminea*, *crassipes*, *rhizocarpa* (Taf. IV, Fig. 11, 12), *Martynia diandra* (Taf. IV. Fig. 9, 10), *Salvia bicolor* (Taf. IV. Fig. 7, 8), *Lathraea squamaria*, *Veronica hederaefolia*, *serpyllifolia*, *Pedicularis palustris*, *Cynanchum nigrum*, *Campanula medium*, *Tetragonia expansa*, *Epilobium hirsutum* (Taf. IV. Fig. 1—3).

Bei vielen dieser Pflanzen habe ich mich manches Jahr vergebens abgemüht, bei einigen ist es mir öfter gelungen, den ganzen Vorgang ohne mögliche Täuschung zu

---

* *Hartig*, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen. Berlin 1843.

** Die neuern Einwürfe gegen meine Lehre von der Befruchtung u. s. w. Leipzig 1844.

beobachten; keine Pflanze habe ich bis jetzt gefunden, die die Beobachtung so erleichterte, dass ich sagen möchte, ich könnte jedesmal mit Sicherheit das nöthige Präparat darstellen; am leichtesten habe ich es bei *Oenothera*, *Veronica*, *Pedicularis* und den Orchideen gefunden. Stände uns *Santalum album* zu Gebote, so würden wir wahrscheinlich an ihr eine Pflanze haben, an der jedesmal mit Sicherheit der Process aufzuweisen wäre. Vollkommene Bestätigung des Hauptpunktes, nämlich die Umwandlung des Endes des Pollenschlauchs zum Embryo durch innere Vegetationsprocesse lieferten *Wydler** für einige *Scrophularia*-Arten, *Meyen*** für *Fritillaria imperialis* und *Tulipa* und *Gelesnoff**** für *Amygdalus persica*, *Iberis amara* und *umbellata*. Die Beobachtung von *Meyen* ist um so beweisender, als sie sich sicher ganz ungesucht dargeboten; denn sie ist allein völlig genügend, seine ganze künstliche und, wie ich offen gestehen will, mir durchaus unverständliche Auffassung seiner übrigen minder vollständigen Beobachtungen zu widerlegen. Ziemlich vollständig mit meinen Beobachtungen übereinstimmend sind auch noch bei *Meyen*, Taf. XIII, Fig. 37—43 bei *Alsine media*, nur weiss ich nicht recht, was ich aus den Figuren 38—41 machen soll. Ich muss gestehen, dass es mir bei *Alsine media* bis jetzt völlig unmöglich erscheint, so frühe Zustände frei zu präpariren, auch stimmen diese Beobachtungen durchaus nicht zu *Meyen's* Erklärung; ferner Fig. 21—23 bei *Draba verna*, Fig. 34 bei *Orchis morio*, Fig. 44 bei *Helianthemum canariense*, Fig. 48, 49 bei derselben Pflanze, nur ist offenbar die Folge eine andere; Fig. 49 ist ein früherer Zustand, Fig. 48 dagegen die anfangende Abschnürung des Pollenschlauchs; endlich noch (»Polyembryonie u. s. w.« Taf. 1) bei *Viscum album*, wobei ich nur bemerken will, dass Fig. 8 offenbar später befruchtet und eine frühere Bildungsstufe ist, als Fig. 7; was schon daraus hervorgeht, dass die Membran des Keimsacks noch nicht völlig resorbirt ist und daher die in ihm enthaltenen Zellen noch in glatten Contouren umzieht. Alle übrigen Figuren bei *Meyen* zeigen nur spätere Zustände, nach Abschnürung des Pollenschlauchs aussen am Keimsack, oft auch schon nach Abschnürung der Keimblase im Innern desselben. Endlich hat noch *Griffith***** Untersuchungen über diesen Vorgang bei *Santalum album* angestellt, und zwar früher, ehe meine Beobachtungen bekannt gemacht wurden; leider stand ihm offenbar kein brauchbares Mikroskop zu Gebote, und er ist redlich genug, nichts als bestimmt gesehen zu erzählen oder zu zeichnen, was ihm undeutlich geblieben. Sicher aber ist *Santalum album* für diese Untersuchungen die vortheilhafteste Pflanze. Die verwandten *Thesium*-Arten bieten grosse Schwierigkeiten dar. Dagegen theilte *Martius* † im Jahr 1844 aus einem Brief von *Griffith* folgende Stelle mit: »Vor einem Jahre habe ich eine ausführliche Arbeit über Föcundation der *Linnean society* eingesendet, wodurch *Schleiden's* Ansichten über die Entstehung des Embryo aus dem Pollenschlauch bestätigt werden. Am sichersten sind die Beobachtungen an *Santalum*. Bei *Loranthus* streichen die Pollenschläuche ohne Zweifel durch den ganzen Embryosack durch.«

Nach der gegebenen Darstellung nun muss ich die Bildung der Keimpflanze aus dem Pollenschlauch für völlig festgestellt ansehen, und abweichende Beobachtungen werden fernerhin nur dann von Werth sein, wenn sie zugleich völlig die Ursachen aufklären, wie ein allerdings nicht absolut unmöglicher Irrthum in gedachter Weise bei so verschiedenen, treu untersuchenden und, was besonders *Meyen* gilt, gewiss unbefangenen Beobachtern entstehen musste. Insbesondere gilt dies auch für die unbedeutende

---

* A. a. O.

** Physiologie, Bd. III. und »Noch einige Worte über den Befruchtungsact und die Polyembronie bei den höheren Pflanzen. Berlin 1840.«

*** In *Mohl* und *Schlechtendahl's* botanischer Zeitung I, Sp. 841.

**** *On the ovulum of Santalum album*, *Transact. of the Royal Society*, *Vol. XVIII.* Gelesen am 5. April 1836.

† Münchner gel. Anzeig. Nr. 143. S. 107.

Arbeit von *Amici** über Befruchtung beim Kürbis. Dabei ist es traurig, dass in einer ganzen Versammlung von Naturforschern kein einziger war, der die Mangelhaftigkeit dieser Arbeit auch nur entfernt einzusehen vermochte, oder sich öffentlich dagegen aussprach. Man vergleiche meine Anmerkungen zu jener Arbeit in der *Flora***. Es ist um so weniger nöthig auf diese Arbeit hier näher einzugehen, da *Amici* kurze Zeit nachher abermals mit einer neuen Ansicht über die Befruchtung auftrat***, indem er bei dieser Arbeit ebensowenig auf seine frühere Ansicht Rücksicht nahm, als er bei der früheren die Arbeiten seiner Vorgänger erwähnt und erwogen hatte. Nach seiner Untersuchung über die Befruchtung am Kürbis sollte der Pollenschlauch im Micropylecanal aufspringen und seinen Inhalt aussprühen, jetzt nach seiner Untersuchung an den Orchideen sollte derselbe bis zum Embryosack vordringen, sich hier an ein vorgebildetes Bläschen, das Embryobläschen, anlegen und so dasselbe durch Endosmose befruchten. Diese letzte Ansicht fand an *H. Mohl***** einen Vertheidiger und wurde ausführlicher und auf zahlreiche Pflanzen ausgedehnt von *Hofmeister*† vorgetragen. Alles was die genannten Forscher beobachtet haben, enthält durchaus nichts was meiner Ansicht von Befruchtung widerspricht. Ich kann also gerne zugeben, dass sie das alles gesehen haben, aber ich füge hinzu, sie haben damit noch nicht alles und namentlich das wichtigste nicht gesehen. Für das wichtigste halte ich aber die ununterbrochene Continuität der Membran des Pollenschlauchs und des Embryobläschens, welche ich in allen Fällen in einem bestimmten Momente beobachtet habe. Ganz besonders habe ich diese Beobachtung an fast allen Orchideen, deren ich habhaft werden konnte, gemacht und ist diese Beobachtung von *Schacht* ganz unabhängig von mir bestätigt worden, worüber seine nächstens in Holland erscheinende von der Academie gekrönte Preisschrift Ausführlicheres darlegen wird. Diese Beobachtung durch aufbewahrte Präparate zu erweisen ist seit vielen Jahren mein unablässiges Bemühen gewesen und ich habe wenigstens eine Pflanze gefunden, bei der sich die zahllosen einem solchen Versuche entgegenstehenden Schwierigkeiten haben überwinden lassen. Die von mir unter Chlorcalcium bewahrten Präparate von *Pedicularis palustris* haben sich wesentlich nicht verändert und zeigen die Continuität der Membran und des Lumens von Embryobläschen und Pollenschlauch unwidersprechlich. Dagegen verlieren alle so eben angeführten Untersuchungen jede Bedeutung und es bleibt nur noch die einzige Möglichkeit, dass ein präexistirendes Embryobläschen sich durch Copulation (wie bei *Spirogyra*) mit dem Pollenschlauch vereinigt. Dem kann ich allerdings zur Zeit noch nicht widersprechen, muss aber doch meinen entschiedenen Zweifel ausdrücken, dass sich die Sache so verhalte. Ich glaube mich in gar vielen Fällen von der Abwesenheit der angeblich präexistirenden Bläschen überzeugt zu haben. Ich habe zu oft gesehen, dass diese Bläschen sich vor dem Eindringen des Pollenschlauchs oder während desselben in eine sulzige Masse auflösen, welche sich dann an das wahre aus dem Pollenschlauch entstandene Embryobläschen ähnlich anlegt, wie von *Mohl* und *Hofmeister* bei Orchideen und von letztern auch anderweitig gesehen ist und hierbei ist denn eine Verwechslung der Linien in der Weise, dass man diese Schleimmasse für das Ende des Pollenschlauchs hält, wohl möglich. Hier kommt es vor allem darauf an, dass man die betreffenden Theile völlig frei präparirt und von verschiedenen Seiten, in verschiedenem Licht und unter verschiedenen Reagentien beobachtet. Aus diesem letzten Grunde eignen sich auch die Orchideen nicht so gut wie andere Pflanzen für diese Untersuchungen. Ueberhaupt hängt hier

* *Flora* 1844 und 1845. S. 193.

** *Flora* 1844. S. 787 und S. 593 ff.

*** Botanische Zeitung 1846. Sp. 364 ff.

**** Botanische Zeitung 1846. Sp. 465 ff.

† Botanische Zeitung 1846. Sp. 705 ff. und »Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Leipzig 1849.

alles von der Genauigkeit des Präparirens ab und was ich besonders bei *Hofmeister* vermisse ist, dass er nirgends angiebt ob das was er gezeichnet wirklich das ganze Präparat gewesen oder nicht und wie er sich diese Präparate verschafft habe. Auf die Arbeiten von *C. Müller** über diesen Gegenstand glaube ich vorläufig nicht eingehen zu müssen, denn wo noch wie von ihm bei *Monotropa hypopithys* geschehen, Embryo und Endosperm mit einander verwechselt wird, erweckt die Untersuchung zu wenig Vertrauen auf Sorgfalt und Umsicht, die hier vor allem nöthig sind. Fast dasselbe möchte ich von *Unger*** sagen, der den mächtig weiten Staubwegecanal bei *Hippuris* ganz übersehen, den Canal, welchen der Pollenschlauch in der Knospenwarze macht, leugnet und auf Pollen und Pollenschlauch überall gar keine Rücksicht genommen hat. Ich glaube in der That nicht, dass auf diesem Wege irgend etwas Erhebliches für unsere Kenntniss gewonnen werden kann.

Für das Einzelne des Vorgangs bei der Befruchtung möchte noch Folgendes hervorzuheben sein. Zunächst ist das gegenseitige Verhalten des Keimsacks und des Pollenschlauchs noch keineswegs vollständig durch Beobachtungen aufgeklärt. Hier bleibt es für einige Fälle unentschieden, ob die Membran des Keimsacks, welche auf diese Weise einen nach Innen gestülpten Ueberzug über die Spitze des Pollenschlauchs bildet, nicht vielleicht aufgelöst und resorbirt wird, so dass der Pollenschlauch wirklich sogleich in die Höhle des Keimsacks eindringt, was allerdings sehr wahrscheinlich ist bei den Pflanzen, wo der Pollenschlauch im Keimsack einen unverhältnissmässig langen Weg zurücklegt, wie bei vielen *Veronica*-Arten, bei den Santalaceen, bei *Martynia diandra*, wo er fast bis zum Knospengrund aufsteigt; bei einigen, z. B. *Phormium tenax*, bleibt bestimmt ein längere Zeit unterscheidbarer Ueberzug des Pollenschlauchs vorhanden. So viel ist gewiss, dass ich überall, wo ich sicher war, das Object noch in ungestörter Lage zu haben, insbesondere wo es mir gelang, durch einen Schnitt die Spitze des Keimsacks und Pollenschlauchs bloszulegen, ohne sie aus ihrer Stelle in der Saamenknospe zu verrücken, die Membran des Keimsacks an der Spitze sich umbiegen und nach Innen zu an den Pollenschlauch verlaufen sah. Es ist aber sehr leicht möglich, dass der anfänglich vom andringenden Pollenschlauch etwas eingestülpte Keimsack, der ohnehin oft um diese Zeit sehr dünn und zart, zuweilen selbst nur von gallertartiger Consistenz ist, von der Spitze des Pollenschlauchs allmälig aufgelöst wird, so dass dieser ihn wirklich durchbricht. Eine solche ganz allmälige Auflösung müsste ebenfalls jeden scharfen Rand verwischen, den man allerdings niemals sieht. Es kann aber auch sein, dass der Keimsack nur ganz dünn ausgedehnt wird. Wesentlich scheinen mir die hier möglichen Modificationen nicht, da später durch die Abschnürung das Keimbläschen doch in der Höhle des Keimsacks zu liegen kommt und ohnehin nach Beginn der Zellenbildung nicht nur der etwaige Ueberzug vom Keimsack, sondern auch der Pollenschlauch selbst für die Beobachtung verschwindet (resorbirt wird?). Sodann mache ich noch darauf aufmerksam, dass sich überall leicht die Umbildung des Keimbläschens in das Embryokügelchen durch Bildung von Zellen in Zellen beobachten lässt. Gewöhnlich füllt von den neuen Zellen eine das ganze Bläschen aus und die übrigen lagern sich in den Embryoträger. Zuweilen (?) füllen gleichzeitig mehrere Zellen das Keimbläschen an. Selbst *Meyen* hat dafür in seinen Abbildungen die schönsten Belege gegeben, z. B. Physiologie, Bd. III. Taf. XIII. Fig. 42 die freien Cytoblasten im Keimbläschen, Fig. 43 die jungen Zellen mit ihren Cytoblasten, Fig. 35 in der obersten Zelle des Keimbläschens zwei lose Zellen mit ihren Cytoblasten, Fig. 11 und 14 lose Zellen mit Cytoblasten in dem Keimbläschen. Zwei eigenthümliche Verhältnisse sind hier noch zu erörtern. Der Pollenschlauch schwillt nämlich nicht selten vor seinem Ein-

---

* Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryo (Bot. Zeitung 1847. Sp. 737 ff.).

** Entwickelungsgeschichte des Embryo von *Hippuris vulgaris* (Botan. Zeitung 1849. Sp. 329 ff.).

tritt in den Keimsack an (bei *Ceratophyllum*, *Taxus*, *Juniperus*), und diese Anschwellung, im Parenchym des Kerns oder im Canal des Knospenmundes liegend, füllt sich ebenfalls mit Zellen und bleibt so eine längere Zeit erkennbar (bei *Cynanchum*). Bei andern Pflanzen dagegen, besonders bei Najaden und Scitamineen, bildet der Pollenschlauch innerhalb des Keimsacks eine Anschwellung, die bald einer etwas plattgedrückten Kugel gleicht (bei *Potamogeton*, *Maranta*, *Statice*), bald ein längerer cylindrischer Körper ist (bei *Tropaeolum*); im ersten Fall aus der Spitze der Kugel, im letzten Fall aus der Seite des Cylinders verlängert sich dann wieder der Pollenschlauch eine längere oder kürzere Strecke und schwillt dann erst zum Keimbläschen an. Auch jene Anschwellung im Innern des Keimsacks, unterhalb des Keimbläschens, füllt sich in der Regel mit Zellen und bleibt dann lange erkennbar. Bei *Tropaeolum* kommt sie sogar durch gleichzeitige Resorption des sie bedeckenden Theils der Knospenhüllen frei in der Fruchtknotenhöhle zu liegen und wächst selbstständig als ein zelliger Strang um die ganze Saamenknospe herum fort und ist selbst am reifen Saamen noch deutlich zu erkennen.

Eine auffallende Abweichung von der geschilderten gewöhnlichen Bildung des Embryokügelchens findet sich bei den Coniferen, aber es erfordert diese Untersuchung grosse Geschicklichkeit, Geduld und Ausdauer. Was ich beobachtet hatte, ist Folgendes, wobei ich bitte, sich die oben (S. 513 f.) gegebene Darstellung der Saamenknospen der Coniferen genau ins Gedächtniss zu rufen. Die Pollenkörner gelangen hier natürlich unmittelbar auf die nackte Saamenknospe, und bei der Weite des Knospenmundes gewöhnlich auch sogleich auf die Kernwarze. Hier bleiben sie längere oder kürzere Zeit liegen, treiben dann allmälig Schläuche, die an verschiedenen Stellen durch das Parenchym der Kernwarze durchwachsen. So erreichen sie die Stellen, wo nur die Membran des Keimsacks die vergrösserten Zellen des Endosperms bedeckt, und drängen sich in diese hinein, sie ganz ausfüllend. Ueber den Anfang dieses letzten Vorgangs kann kein Zweifel obwalten bei der Menge von Beispielen fast aller einheimischen Coniferen. Bei *Abies excelsa*, *Taxus baccata*, *Juniperus sabina* gelang es mir auch, den ganzen Pollenschlauch von der Kernwarze bis auf den Boden der kleinen Höhle, mit der dieselbe genau ausfüllenden Anschwellung frei zu präpariren. Schon während dieses Processes geht unterhalb der genannten vergrösserten Zellen (*corpuscula*, *R. Br.*) bis gegen den Knospengrund hin eine allmälige Auflösung und Resorption des früher hier gebildeten Parenchyms vor sich, wodurch eine cylindrische Höhle, unterhalb jener Zellen und von diesen nur durch die dieselben umgebende epitheliumartige Zellenlage getrennt, gebildet wird. In diese cylindrische Höhle dringt nun der Pollenschlauch, die Wand der kleinen Höhle durchbrechend, ein, aber nur zweimal gelang es mir, bei *Taxus* und *Juniperus*, den Pollenschlauch auch hier, nachdem er schon eine kleine Strecke in diese cylindrische Höhle eingedrungen war, in ununterbrochener Continuität frei zu präpariren. Meine ferneren Beobachtungen sind noch völlig lückenhaft. Sie ergeben, dass bald in diesem in die cylindrische Höhle eingedrungenen Theile des Pollenschlauchs ein Zellenbildungsprocess eintritt, so dass sich vier Zellen bilden, die, dem Pollenschlauch und unter sich parallel, cylindrisch sich ausdehnen; dann bildet sich in dem freien Ende jeder derselben abermals eine Zelle (*Juniperus communis*), die bald darauf drei (?) Zellen in sich entwickelt (*Abies excelsa*), so dass das Embryokügelchen nun aus 12 in vier Reihen neben einander liegenden Zellen besteht. Der Vermehrungsprocess der Zellen schreitet dann in dieser Weise fort, und so bildet sich ein kleines warzenförmiges, zelliges Körperchen als Embryokügelchen, welches einem langen, aus vier parallelen Zellen bestehenden Embryoträger aufsitzt. Die Zellen des letzteren fahren noch lange fort, sich ausnehmend in die Länge zu dehnen und nehmen daher nach und nach in der zu kurzen cylindrischen Höhle eine geschlängelte Lage an. Da, wo sie aus den grossen Zellen (*corpuscula*) hervortreten, scheinen sich auch bald einige Zellen zu bilden, oder die benachbarten Zellen drücken die Höhle des Pollenschlauchs zusammen; kurz

es ist sehr bald hier keine Spur mehr von der ursprünglich freien Communication zu entdecken. Den ganzen so eben geschilderten Vorgang bei der Bildung des Embryos hat mein Schüler *Schacht* an *Taxus baccata* vollständig ohne Lücke nachgewiesen und durch die vollkommenste Reihe von Präparaten sichergestellt. In seiner schon erwähnten Preisschrift werden die Abbildungen veröffentlicht werden, während die Präparate, nach denen sie gefertigt sind, sämmtlich der niederländischen Academie übergeben wurden.

Besondere Abweichungen sind mir ausser den erwähnten bis jetzt nicht weiter vorgekommen, auch ist es nicht wahrscheinlich, dass in den wesentlichen Stücken Verschiedenheiten stattfinden sollten, wenn man bedenkt, dass die Eigenthümlichkeiten, wodurch sich Kryptogamen, Rhizocarpeen und Phanerogamen unterscheiden, ohnehin schon grösser sind, als im gesammten Thierreiche der Hauptsache nach vorzukommen scheinen, die Phanerogamen aber in allen übrigen Organisationen so sehr übereinstimmen, dass es sehr unwahrscheinlich wird, dass sie gerade in einem so wesentlichen Punkte bedeutende Modificationen zeigen sollten. Auf der beigegebenen Kupfertafel IV. habe ich noch eine Reihe von instructiven und nicht gar zu schwer nachzumachenden Beobachtungen gegeben; namentlich bei *Epilobium angustifolium*, *Orchis latifolia* und *morio*, *Martynia diandra*, *Salvia bicolor*, *Oenothera rhizocarpa*, *acaulis* und *Momordica elaterium*. Ich will hier nur noch einige Worte über die Darstellung solcher Präparate sagen. Wenn nicht die Saamenknospen sehr dicht eingeschlossen und unbeweglich im Fruchtknoten liegen, so präparire ich sie frei, nehme sie dann so zwischen Zeigefinger und Daumen, dass ich sie mit einem scharfen Rasirmesser genau in zwei Hälften theilen kann. Damit diese Hälften völlig symmetrisch sind und der Schnitt den Micropylecanal trifft oder doch nahe genug streift, lege ich vorher die Saamenknospe, wenn's nöthig ist, mit der Loupe genau zwischen beide Finger in die richtige Lage. Die beiden so gewonnenen Hälften lege ich dann nach einander, die Schnittfläche gegen den Daumen gerichtet, abermals zwischen die genannten Finger und schneide mit dem Rasirmesser von der Schnittfläche eine möglichst zarte Scheibe ab. Diese beiden Scheiben bringe ich dann unter das einfache Mikroskop und präparire dann mit feinen Nadeln und Messerchen die betreffenden Theile frei, wenn sie nicht, was freilich immer am besten ist, schon durch den Schnitt selbst blosgelegt sind. Bei den einsaamigen Fruchtknoten macht man es ebenso, wenn sie sehr klein sind. In den übrigen Fällen schneidet man sich die passenden zarten Scheibchen, z. B. beim Kürbis, aus freier Hand zurecht.

Es versteht sich von selbst, dass man sich immer vorher genau über den Bau der unbefruchteten Saamenknospe und des Fruchtknotens, über die Form der Pollenschläuche unterrichtet und sich durch sorgfältige Beobachtung mit den Perioden der Befruchtung bekannt gemacht hat. Immer aber wird man als das wichtigste Förderungsmittel Geduld und Ausdauer anzuwenden haben. Man kann oft 100 solche Schnitte machen, wie beschrieben, und sieht nichts daran und erst der 101ste gelingt vielleicht so gut, dass er aber auch gleich die Untersuchung beendigt. Die Methode unter dem einfachen Mikroskop die Theile der Saamenknospe von Aussen nach Innen frei zu präpariren halte ich nicht für zweckmässig, weil dabei viel mehr zerstört und besonders verschoben wird als bei einem einfachen scharfen Schnitt.

Geschichtliches.

Wir finden nicht selten dafür Beispiele in der Wissenschaft, dass der unbefangene Blick der ersten Forscher fast instinctmässig das Richtige erräth und ausspricht, was aber natürlich sogleich von der Wissenschaft als unbegründet, und ihrem augenblicklichen Stande widersprechend, verworfen wird, bis sie sich zuletzt allmälig wieder zu jener ersten Ansicht, aber jetzt bewusst und auf alle Weise durch die richtigen Gründe unterstützt, zurückarbeitet. Betrachten wir nämlich das jetzt gewonnene Re-

sultat über den Ursprung des Embryo, so ist das im Grunde ganz dasselbe, was schon vor mehr als hundert Jahren *Samuel Morland** behauptete, dass nämlich das Pollenkorn durch den Staubweg herabsteige und in der Saamemknospe zum Embryo werde. Diese Ansicht in ihrer rohen Form wurde, freilich damals mit Recht, von *Vaillant* und *Patrik Blair* bestritten. Später schlummerten nach und nach alle tiefer eindringenden Untersuchungen, wie sie von *Malpighi* angeregt waren, ein, und als *Treviranus*** sein Werk über die Entwickelung des Embryo schrieb, war es als ein grosser Fortschritt zu betrachten, obwohl er nicht weiter kam, als *Malpighi* schon gewesen, und sogar viele schöne Beobachtungen *Malpighi's*, z. B. die Existenz des Keimsacks nicht einmal erreichte. Die Beobachtungen des Embryo in früheren Zuständen, als das Embryokügelchen, von welchem *Malpighi* und *Treviranus* ausgingen, beginnt erst mit *Ad. Brongniart* (a. a. O.), und nicht viel fehlte, dass er die Sache sogleich vollendet hätte; wenn er nur *Rob. Brown's* bald darauf folgende Untersuchungen benutzte und danach seine Beobachtungen an *Momordica elaterium*, denen nur eine leicht hypothetisch hinzuzufügende Mittelstufe fehlte, erklärte, so war die Entstehung des Embryo aus dem in den Keimsack eindringenden Pollenschlauch entdeckt. Dabei blieb die Angelegenheit stehen, bis ich*** sie durch meine Untersuchungen zum Abschluss brachte. Ich halte es für völlig unnütz, über die vielen Meinungen derer zu berichten, deren Phantasie geschäftiger im Ausspinnen von eignen Erfindungen, als ihre Hände im Präpariren, ihr Auge in genauen Beobachtungen waren, Leute, die zu allen Zeiten die Naturwissenschaft verwirrt, statt gefördert haben.

B. Von der Entwickelung des Embryokügelchens zum Embryo.

§. 165.

Die Hauptzüge dieses Abschnittes habe ich schon früher (§. 120) mittheilen müssen, hier aber wird der Ort sein, etwas specieller auf diese Sache einzugehen; dabei aber erscheint es als nothwendig, die Monocotyledonen von den Dicotyledonen und von beiden die Gymnospermen zu trennen. Als allgemeines, für alle Phanerogamen geltendes Gesetz lässt sich hier nur das aussprechen, dass der der Spitze des eingedrungenen Pollenschlauchs entsprechende Theil des Embryokügelchens jedesmal zur Knospe, der entgegengesetzte, also natürlich der der Spitze des Keimsacks, der Kernwarze und dem Knospenmunde zugekehrte Theil zum Würzelchen wird. Diese Gesetzlichkeit in der Lage des Würzelchens in der Saamenknospe ist zuerst von *Rob. Brown* ausgesprochen.

§. 166.

1. *Gymnospermen*. Der Zellenbildungsprocess, aus welchem das Embryokügelchen hervorging, setzt sich auch fernerhin fort, aber in den verschiedenen Theilen des Embryo in sehr verschiedener Form. Die Spitze desselben hat durch anfänglich gebildete zwölf Zellen eine abgeschlossene Form, eine bestimmte

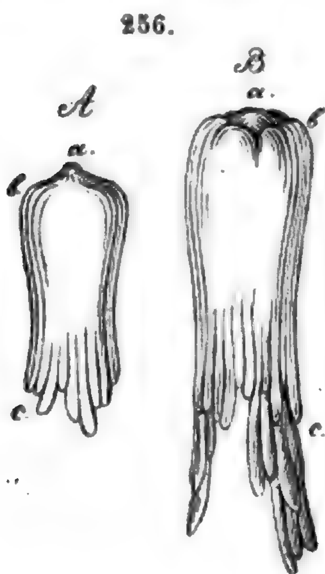
---

* *New observations upon the parts and use of the flower in plants. Philosoph. Transact.* 1703.

** Von der Entwickelung des Embryo und seiner Umhüllungen im Pflanzenei. Berlin 1815.

*** Einige Blicke auf die Entwickelungsgeschichte des vegetabilischen Organismus, in *Wiegmann's* Archiv 1837, Bd. I. S. 289 (*Schleiden*, botan. Beiträge, Bd. I. S. 86 ff.), und über Bildung des Eichens und Entstehung des Embryo in *Act. Acad. C. L. C. Vol. XIX. P.* 1.

Grenze nach Aussen erhalten und behält diese fortwährend bei; anfänglich ist dieses Ende stumpf abgerundet, später entstehen so, dass die äusserste Spitze frei bleibt, 2—12 Blattorgane, stets alle gleichzeitig und in einen Kreis gestellt, zuerst als kleine, am Rande der obern convexen Fläche stehende Wärzchen, allmälig aber die stets frei bleibende Spitze, die Terminalknospe überragend und sie nach und nach völlig verdeckend, indem sie sich über derselben eng an einander legen. Dies sind die Cotyledonen oder Keimblätter. Ganz anders verhält es sich mit dem andern Ende. Hier setzt sich der Zellenbildungsprocess, wie es scheint, auch noch fernerhin in den Embryoträger hinein fort. Die äussersten hier sich bildenden Zellen strecken sich stets sogleich etwas in die Länge, oft mehr, oft weniger, biegen sich auch wohl später etwas aus einander, so dass dieses Ende des Embryo, das Würzelchen, niemals eine abgeschlossene Umgrenzung erhält, sondern sich in ganz lockere Zellen aufzulösen scheint. Dies Verhältniss dauert bis zur völligen Ausbildung des Embryo, welcher immer noch durch diese immer lockerer erscheinenden Zellen fast stetig in die vier langen Zellen des bis zur Reife des Saamens unverändert bleibenden Embryoträgers übergeht. Der sehr lange Embryoträger wird übrigens allmälig durch das Auswachsen des Embryo ganz zu einem Knäuel zusammengedrückt, lässt sich aber mit einiger Vorsicht auch im reifen Saamen noch aus einander legen.



Die vorstehende Darstellung ist nach eigenen Untersuchungen an den einheimischen Coniferen gegeben. Nach den wunderschönen Analysen des reifen Saamens der Cycadeen bei *L. C. Richard**, so wie selbst nach den ganz jämmerlichen Figuren von *Gaudichaud*** ist es übrigens bei dieser Familie gewiss eben so, mit dem Unterschied, dass hier beständig nur zwei Cotyledonen vorhanden sind, die bis auf die freien Spitzen mit einander verwachsen und nur an einer Seite eine Spalte für das spätere Austreten der eingeschlossenen Knospe lassen. Auch bei *Viscum album* scheint, nach den vortrefflichen Untersuchungen von *Decaisne****, etwas Aehnliches in Bezug auf die Bildung des Würzelchens stattzufinden. Dieser Mangel an abgeschlossener Begrenzung des Würzelchens unterscheidet nun, so weit mir bekannt geworden, die Gymnospermen wesentlich von allen Mono- und Dicotyledonen, bei denen ich Aehnliches nie gefunden habe.

§. 167.

2. *Monocotyledonen.* Bei allen von mir bis jetzt untersuchten Pflanzen dieser Gruppe ist das, wie angegeben, entstandene Embryokügelchen in seinem

256. *Abies balsamea.* *A* Keimpflanze im sehr jungen Zustande. *a* Endpunkt der Axe, zukünftige Endknospe. *b* Rand, aus welchem sich später die Keimblätter erheben. *c* In lose Zellen aufgelöstes Wurzelende. *B* Ein etwas späterer Zustand, in welchem die einzelnen Keimblätter schon deutlich zu erkennen sind. *a*, *b*, *c* wie bei *A*.

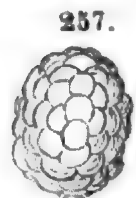
* *Commentatio botanica de Coniferis et Cycadeis, opus posthumum ab Achille Richard in lucem editum. Stuttgardiae* 1826.

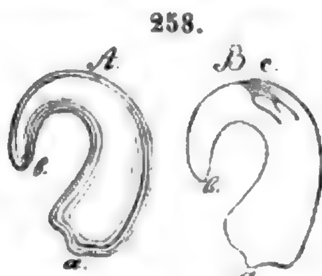
** *Recherches générales sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie des végétaux. Paris* 1841.

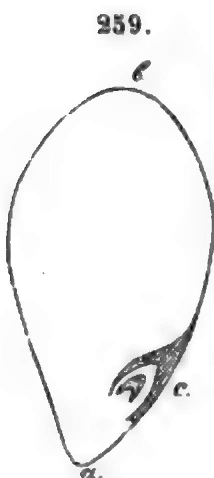
*** *Mémoire sur le développement du pollen, de l'ovule et sur la structure des tiges du Gui. Bruxelles* 1840.

ganzen Umfange völlig abgegrenzt; wo ein auffallender Embryoträger vorhanden ist, ragt die Spitze des in scharfen Contouren gezeichneten Würzelchens in die Höhlung des sich rings um dasselbe anlegenden Schlauches, des Restes vom Pollenschlauch, hinein. Seine Form ist verschieden, bald kugelig, bald eiförmig, mit dem spitzeren Ende als Würzelchen dem Knospenmunde zugekehrt. Durch den beständig fortgehenden Zellenbildungsprocess wächst er und zeigt sich aus immer mehr und immer kleineren Zellen zusammengesetzt. Nur bei den Orchideen verharrt er im frühesten Zustande bis zum reifen Saamen und bis zum Keimen, bei allen andern, bis jetzt untersuchten Pflanzen bildet er ein Keimblatt auf folgende Weise. Es erhebt sich nämlich seitlich von der Spitze des Embryokügelchens (also etwas unterhalb derselben) ein kleines Wärzchen; von der Basis dieses Wärzchen aus nehmen nach und nach immer mehr Theile des Umfangs an der Erhebung Theil, bis sich ein die Spitze (Terminalknospe) mit der Basis umfassendes Blättchen gebildet hat. Die Terminalknospe (Blattfederchen, *plumula*) ragt dann aus der Scheide dieses Blattes, deren (von der Axe des Blattes nach den Kanten immer niedrigere) Ränder an der einen Seite sich nur eben berühren, warzenförmig hervor. Bis so weit ist die Entwickelung aller Embryonen, die mir zur Untersuchung zur Hand kamen, ganz gleich und höchstens in sofern verschieden, als der unterhalb des Keimblatts befindliche Theil des Embryo zuweilen um diese Zeit schon ein sehr bedeutendes Volumen erreicht, zuweilen nur noch als ein kurzer, an der Spitze abgerundeter Kegel den Embryo nach Unten endigt. Alle ferneren, für die äussere Erscheinung so grossen Verschiedenheiten der monocotyledonen Embryonen beruhen auf der ungleichen Entwickelung dieser ursprünglich bei allen ganz gleich angelegten Theile, des Würzelchens (Najaden und einige andere Familien, die *L. C. Richard embryons macropodes* nannte) oder des Cotyledon (bei *Scheuchzeria*, den meisten Aroideen) u. s. w.

Die mannigfaltigen Formen der Embryonen der monocotyledonen Pflanzen gehen trotz ihrer scheinbaren grossen Verschiedenheit doch von Einer Grundlage aus und haben die Hauptpunkte ihrer Entwickelungsgeschichte gemeinschaftlich. Die erste Anlage, hier wie bei den Dicotyledonen das Embryokügelchen, entwickelt sich bei Orchideen bis zur Keimungsperiode überall nicht weiter (257). Bei allen übrigen treten die angegebenen Veränderungen ein und einige Beispiele mögen das Gesagte erläutern, wozu der Embryo von *Potamogeton* (258) mit auffallend entwickeltem Wurzelende (258, *a*) und der Embryo von *Scheuchzeria* (259) mit übermässig entwickeltem Keimblatte (259, *b*) am geeignetsten erscheinen. Ist das Würzelchen dazu bestimmt, sich späterhin beim Keimen gar nicht oder nur wenig zu entwickeln, so bilden sich schon um diese Zeit aus der Verbindungsstelle des Cotyledon mit der Knospe, als aus dem ersten Knoten der Pflanze, Nebenwurzeln, die aber im

257.


258.


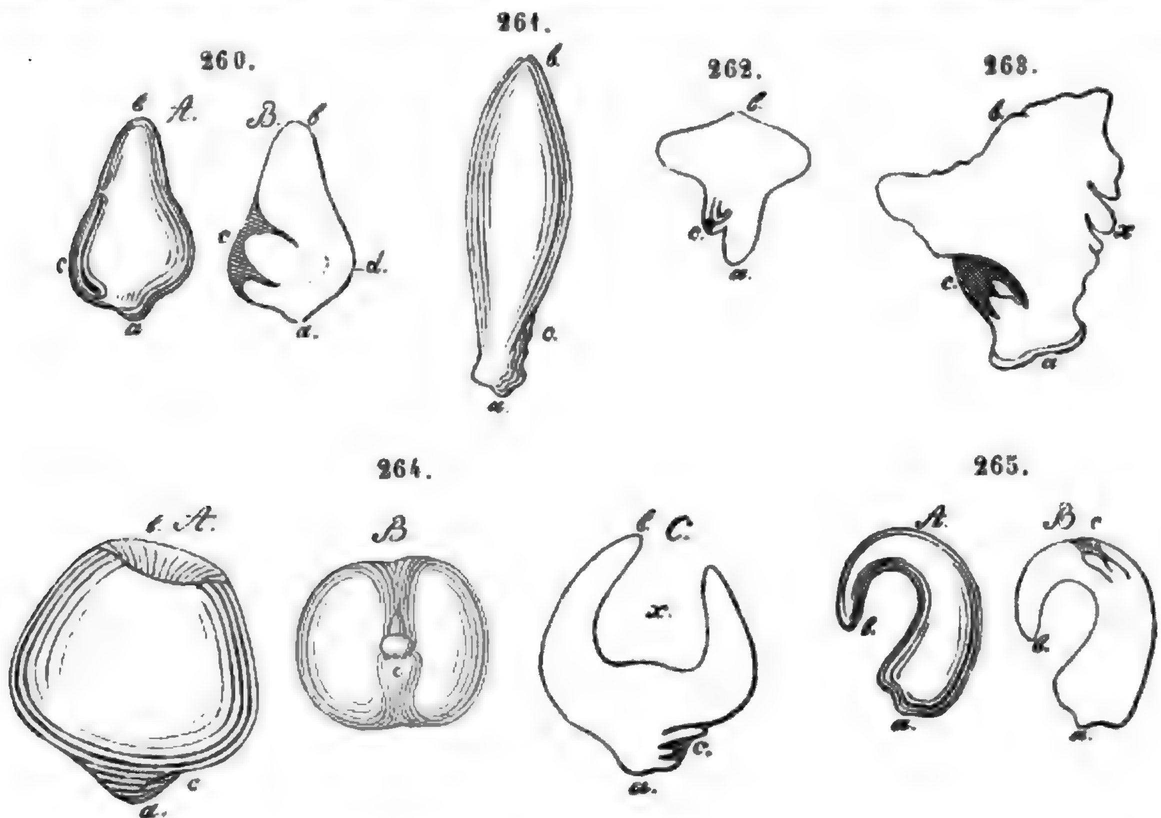
259.


257. *Neottia picta.* Eiförmige Keimpflanze ohne Keimblätter.

258. *Potamogeton lucens.* *A* Keimpflanze. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *B* Dieselbe im Längsschnitt. *a*, *b* wie bei *A*. *c* Spalte des Keimblattes mit dem Knöspchen.

259. *Scheuchzeria palustris.* Keimpflanze im Längsschnitt. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Spalte desselben mit dem Knöspchen.

Embryozustande noch innerhalb des Parenchyms des ächten Würzelchens verharren (260 *B*, *d*) z. B. bei *Lemna*, *Pistia*, *Gramineae*, *Scitamineae*. Der Scheidentheil des Keimblattes kann sich ebenfalls mehr oder weniger entwickeln und die Endknospe ganz, zum Theil oder gar nicht einschliessen: im ersten Falle verwachsen die Ränder der Scheide stets bis auf eine grössere (Aroideen 260, *A*, *c*, *B*, *c*) oder kleinere (Liliaceen), aber immer noch am reifen Embryo erkennbare Spalte; bei andern ragt die Knospe zum Theil aus der Spalte hervor, z. B. *Scheuchzeria*, einige *Pothos*-Arten u. s. w.; der letzte Fall endlich, der seltenste kommt bei *Stratiotes*, *Aponogeton* (261, *c*), (*Ouvirandra*), *Orontium aquaticum* u. a. vor. Die Formen dieser einzelnen Theile sind ebenfalls sehr verschieden, wie denn überhaupt die Pflanzenorgane im Allgemeinen an keine bestimmte Form gebunden sind. Bald entwickelt sich der Cotyledon breit, umgekehrt kegelförmig auf dem kleinen kegelförmigen Würzelchen, z. B. *Pothos reflexa* (263), bald schirm- oder pilzförmig, wie bei den Cyperaceen (262), bald selbst als ein hohler Becher, in seine Höhlung das geringe vorhandene Albumen aufnehmend, wie bei *Orontium aquaticum* (264). Das Würzelchen ist bald einfach rundlich zugespitzt, bald lang cylindrisch und dann plötzlich in eine zuweilen in der Mitte genabelte Fläche abgestumpft, z. B. *Potamogeton* (265) u. s. w., bald sehr dick, unten flach, nach oben verschmälert in den Cotyledon übergehend, so dass



260. *Pistia obovata*. *A* Keimpflanze. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Spalte desselben. *B* Dieselbe im Längsschnitt, *a*, *b* wie bei *A*. *c* Spalte des Keimblattes mit dem sehr einfachen Knöspchen. *d* Nebenwurzel.

261. *Aponogeton distachyon*. Keimpflanze. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Freies Knöspchen.

262. *Isolepis supina*. Keimpflanze im Längsschnitt. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Knöspchen von einer Scheide des Keimblattes überzogen und abwärts gerichtet.

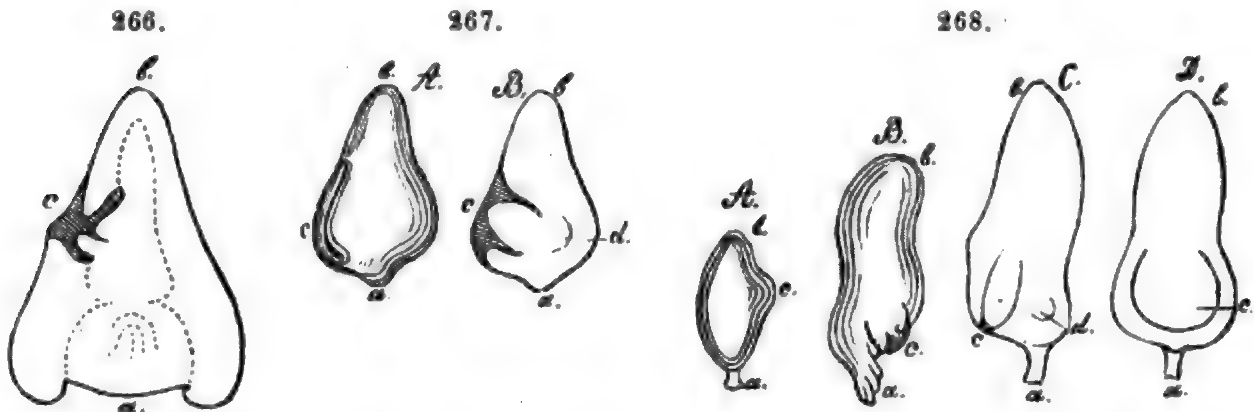
263. *Pothos reflexa*. Keimpflanze im Längsschnitt. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Spalte desselben mit dem Knöspchen. *x* Zweifelhafte zweite Knospe.

264. *Orontium aquaticum*. *A* Keimpflanze. *a* Würzelchen. *b* becherförmiges Keimblatt. *c* Freies Knöspchen. *B* Dieselbe von unten gesehen. o der Anheftungspunkt des Embryoträgers. *C* Dieselbe im Längsschnitt. *a*, *b*, *c* wie bei *A*. *x* Die Höhle des becherförmigen Keimblattes.

265. *Potamogeton lucens*. *A* Keimpflanze. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *B* Dieselbe im Längsschnitt. *a*, *b* wie bei *A*. *c* Spalte des Keimblatts mit dem Knöspchen.

der Embryo einen aufrechten Kegel vorstellt (bei vielen Palmen [266]). Alle diese Anomalien sind leicht auf den Grundtypus durch die Entwickelungsgeschichte zurückzuführen.

Bei den meisten bisher genannten Fällen ist die Stellung der Endknospe am reifen Embryo keine durchaus unnatürliche. Ursprünglich die Spitze des Embryo einnehmend, scheint sie häufig wegen der grossen Masse des Keimblatts seitlich, einen spitzen Winkel mit der Axe desselben machend; zuweilen aber entwickelt sich das Keimblatt so stark, dass es mit seiner Axe einen rechten Winkel macht (267), folglich auch mit der Axe des Würzelchens, die gewöhnlich als gerade Fortsetzung des Keimblattes erscheint. Scheinbar am abweichendsten ist die Bildung bei den Lemnaceen (268); hier ist der reife Embryo eine grosse länglich kegelförmige oder eiför-



mige Masse; nach unten am dickern Ende, welches dem Saamenmunde zugewendet, also schon deshalb als Radicularende anzusprechen ist, zeigt sich eine ganz kleine Querspalte. Macht man hier einen Durchschnitt durch den Embryo, so sieht man, dass hinter der Spalte die aus einer etwas flachen Stengelanlage bestehende Knospe in einer solchen Richtung liegt, dass ihre Axe der Axe des Cotyledons fast parallel und ihre Spitze ebenfalls nach dem Saamenmunde hingerichtet ist (268, *C*, *c*); an der andern Seite des Wurzelendes entdeckt man dann an diesem Durchschnitt eine im Parenchym noch verborgene, aber schon vollständig angelegte und selbst schon mit der *Calyptra* versehene Nebenwurzel (268, *C*, *d*), die, auch fast parallel mit der Embryoaxe, ihre Spitze dem Saamenmunde zukehrt; die Axe der Knospe und der Nebenwurzel machen, mit ihren Spitzen divergirend, kaum einen Winkel von 30°. Verfolgt man die Entwickelungsgeschichte, so zeigt sich, dass die Knospe ursprünglich die Spitze des Embryo bildet und nur allmälig von dem auswachsenden Keimblatte so verschoben wird. Diese Entwickelungsgeschichte (welche analog auch bei Cyperaceen vorkommt) habe ich so oft an *Lemna minor* und *trisulca*, so wie an *Telmatophace gibba* verfolgt und so viel reife Saamen von den drei genannten und von *Wolffia Delili* untersucht, dass ich wagen kann, auszusprechen, dass auch gar nichts am Lemnaceenkeim

266 *Chamaedorea schiedeana*. Keimpflanze im Längsschnitt. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Spalte desselben mit dem Knöspchen.

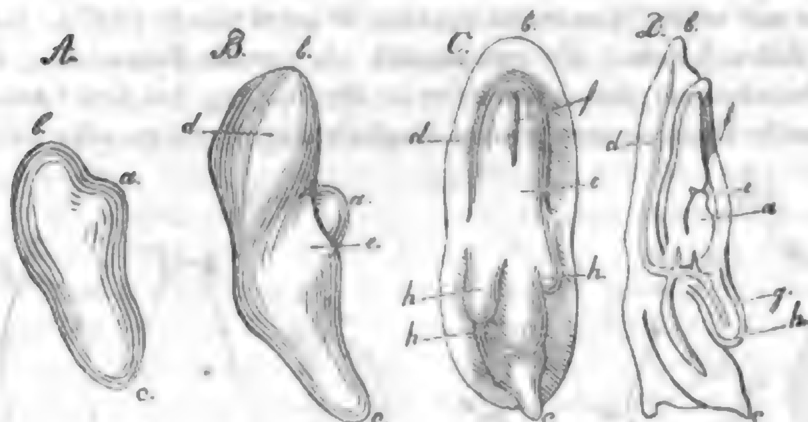
267. *Pistia obovata*. *A* Keimpflanze. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Spalte desselben. *B* Dieselbe im Längsschnitt. *a*, *b* wie bei *A*. *c* Spalte des Keimblattes mit dem sehr einfachen Knöspchen. *d* Nebenwurzel.

268. *Telmatophace gibba*. *A* Ganz junge Keimpflanze. *a* Würzelchen mit dem abgerissenen Embryoträger. *b* Keimblatt. *c* Knöspchen. *B* Späterer Zustand. *a*, *b*, *c* wie bei *A*. Das Würzelchen ist noch nicht vollständig abgerundet. Der Träger ist entfernt. Das Knöspchen ist schon zum Theil von der Scheide des Keimblattes eingeschlossen und nach abwärts gedrängt. *C* Ausgebildete Keimpflanze im Längsschnitt. *a*, *b*, *c* wie bei *B*. *d* Anlage zu einer Nebenwurzel. *D* Ausgebildete Keimpflanze im Längsschnitt, welcher senkrecht auf den vorigen durch die Knospe geführt ist. *a*, *b*, *c* wie bei *B*.

vorkommt, was nur entfernt der von *A. Brongniart** gegebenen Analyse entspricht; wodurch er zu so seltsamen Figuren gekommen ist, kann ich nicht erklären.

Die Bedeutung der einzelnen Theile des Grasembryo, die den Botanikern früher viel Noth gemacht haben, ergiebt sich auf höchst einfache Weise aus der Entwickelungsgeschichte. Bei den Gräsern ist anfänglich der Embryo ganz wie bei andern monocotyledonen Pflanzen gebildet (269 *A*); aber es treten späterhin folgende Verschiedenheiten auf. Während der Ausbildung des Scheidentheils entwickelt sich auch die Knospe bedeutend und so wird der dieselbe bedeckende Theil der Scheide hervorgezogen (269, *B*) und bildet allmälig über der Knospe, bis auf eine bleibende Spalte verwachsend, eine warzenförmige Hervorragung am Embryo, der gewöhnlich als freie, nicht vom Keimblatt umschlossene Knospe angesehen wurde (269 *C*, *e*, *f*). Vergleicht man aber diesen Theil** mit dem entwickelten Blatte, so findet man, dass er genau dem Blatthäutchen entspricht. Das Keimblatt selbst entwickelt sich ebenfalls sonderbar, indem es sich flach scheibenförmig nicht nur nach Oben und den Seiten, sondern auch nach Unten ausdehnt (269, *C*, *b*, *d*). So bildet es das sogenannte Schildchen (*scutellum*), welchem der Embryo, wegen der mit ihrem Scheidenüberzuge frei hervorragenden Knospe und des ebenfalls frei hervorragenden Würzelchens (269, *c*) aufgewachsen zu sein scheint. Das Wurzelende endlich bildet sich zwar zu einem kleinen Kegel aus; da es aber nie zur Entwickelung kommen soll, so bilden sich aus der Basis der Knospe, da, wo sie mit dem Keimblatte zusammenhängt, also aus dem ersten Knoten der Pflanze die Anlagen zu mehreren Nebenwurzeln (269, *h*); diese scheinen dann, in dem Parenchym des Würzelchens liegend, von einer Scheide (269, *D*, *h*) (dem eigentlichen Würzelchen) umgeben zu sein***. Nun kommt noch dazu, dass sich das Keimblatt oft noch zu beiden Seiten der Knospe und des Würzelchens wulstig erhebt und so beide noch einmal mehr oder weniger einhüllt, z. B. bei *Zea Mays*, was man dann wohl sehr verkehrt mit der ächten Spalte des Keimblattes verglichen hat.

269.



270.



Im Ganzen scheinen bei den Dicotyledonen nicht so viele abnorme Entwickelungsweisen des Embryo vorzukommen, als bei den Monocotyledonen; insbesondere bietet die Familie der *Oron-*

269. *Secale cereale*. *A* Ganz junge Keimpflanze. *a* Knöspchenanlage. *b* Keimblatt. *c* Würzelchen. *B* Späterer Zustand. *a*, *b*, *c* wie bei *A*. *d* beginnende Ausdehnung zum Schildchen. *e* Anfang zur Bildung der Scheide des Keimblattes, welche das Knöspchen überzieht. *C* Fertige Keimpflanze (weniger stark vergrössert als *A* und *B*). *b*, *c* wie bei *B*. *d* Keimblatt als Schildchen. *e* Scheidentheil des Keimblattes. *f* Spalte desselben. *h*, *h*, *h* Noch in der Rinde eingeschlossene Nebenwurzeln. *D* Die vorige im Längsschnitt. *a*—*f* wie bei *B* und *C*. *g* Nebenwurzel. *h* Von der Rinde gebildeter Ueberzug derselben.

270. *Pothos reflexa*. Keimpflanze im Längsschnitt. *a* Würzelchen. *b* Keimblatt. *c* Spalte desselben mit dem Knöspchen. *x* Zweifelhafte zweite Knospe.

---

* *Arch. de Botanique, Vol. II, p.* 97. (1833.)

** Einige nannten ihn mit einem überflüssigen Worte *Coleoptile*, Knospenhüllchen.

*** Einige nannten deshalb das eigentliche Würzelchen Wurzelhüllchen (*Coleorhize*), was völlig überflüssig ist.

tiaceae gewiss noch ein erstaunlich reichliches Material für Auffindung der interessantesten Thatsachen; fast bei keinen zwei *Pothos*-Arten sind die Formen des Embryo ganz übereinstimmend, und wenn ich nicht sehr irre, so kommen auch Embryonen mit zwei und mehr Knospen vor, z. B. *Pothos reflexa* (270), über welche ich aber aus Mangel vollständiger Entwickelungsgeschichte, nichts zu sagen wage.

Geschichtliches.

Der Erste, dem wir genaue Untersuchungen der monocotyledonen Embryonen verdanken, war *C. L. Richard* in seiner *Analyse du fruit* (1808); bald darauf entdeckte *Rob. Brown* (*Prodrom. flor. nov. Holl.* 1810) die Spalte des Cotyledons bei den Aroideen, Typhaceen und Najaden; er sah dies aber als eine Eigenthümlichkeit dieser Familien an und ihm folgten alle Botaniker. *Mirbel** deutete 1829 sehr unbestimmt auf eine Analogie des Keims der Gräser und Liliaceen. Endlich 1837 wies ich** aus der Entwickelungsgeschichte einer grossen Anzahl monocotyledoner Embryonen nicht nur nach, dass die von *Rob. Brown* entdeckte Spalte des Keimblattes sehr allgemein sei, sondern zeigte auch, dass sie überall vorhanden sein müsse, weil sie die Folge der gesetzmässigen Entwickelung des Embryo sei. Diese Beobachtungen wurden bald darauf von *Ad. de Jussieu**** in einer interessanten Abhandlung bestätigt und besonders noch die Analyse einiger seltener und sehr abweichender Embryonen hinzugefügt. Alles, was *Link* (*El. phil. bot.*) über die Embryonen sagt, ist völlig werthlos, weil er offenbar auch nicht von einem einzigen eine Entwickelungsgeschichte selbst beobachtet hat und daher bei den einzelnen Theilen des reifen Embryo ganz willkürlich in den Tag hinein räth.

§. 168.

3. *Dicotyledonen.* Das Embryokügelchen hat bei den Dicotyledonen eine bald mehr kugelförmige, bald mehr eiförmige Gestalt. Ob es in dieser Gestalt bis zum reifen Saamen verharrt, kann ich nicht entscheiden, weil es mir bei den Pflanzen, denen man gewöhnlich einen ungetheilten Embryo zuschreibt (*Bertholetia*, *Lecythis*), an der Entwickelungsgeschichte fehlt. Wo ich bis jetzt dieselbe verfolgen konnte, fand ich überall die nachher zu beschreibende Bildung der Cotyledonen; davon macht nur das Genus *Cuscuta* eine Ausnahme; hier wächst das Embryokügelchen zu einem längern Stengelchen, ohne Spur von Blattorganen, aus, die sich nur an (der einzigen?) *Cuscuta monogyna* zeigen. In allen übrigen Fällen, deren Beobachtung mir bis jetzt zu Gebote stand, bilden sich am Embryokügelchen, bald einen grössern Theil der Spitze in Warzenform, bald nur eine kleine Stelle derselben wenige Zellen gross freilassend, aber niemals die äusserste Spitze selbst mit in ihren Bildungsprocess hineinziehend, zwei Blätter, anfänglich als kleine seitliche Warzen, die nach und nach, mit ihrer Basis an beiden Seiten sich ausdehnend, die als Embryospitze frei gebliebene Knospe umfassen; auch diese entwickelt sich bedeutender und bildet zuweilen mehrere, zuweilen weniger, zuweilen aber im Embryozustande noch gar keine weitern Blätter aus. Auch hier beruhen die Verschiedenheiten des entwickelten Embryo nur auf der verschiedenen ferneren Ausbildung der einzelnen so angelegten Theile.

Zuweilen entwickelt sich das Wurzelende übermässig, z. B. bei *Peckea*, *Rhizophora*, zuweilen die Cotyledonen; seltener nur ein Cytyledon, während der andere im

* *Mémoires de l'acad. des sciences*, 1836. *p.* 646.

** *Wiegmann's* Archiv 1837, und *A. L. C. N. C. Vol. XIX. P.* 1.

*** *Sur les embryons monocotylédones. Ann. d. Sc. nat. Juin* 1839.

Wachsthum ganz zurückbleibt, so erscheint mir auch die Sache bei *Trapa natans*, wo ich in einem früheren Zustande eine grosse warzenförmige Endknospe und zu beiden Seiten derselben zwei gleichgrosse Keimblätter (?) beobachtete; doch ich konnte mir mit aller Mühe bis jetzt die Mittelstufen von hier bis zum reifen Saamen noch nicht verschaffen.

Für eine ganze Reihe interessanter Verhältnisse, die grösstentheils *Bernhardi* * bei keimenden Pflanzen beobachtete, fehlt es leider gänzlich an den Entwickelungsgeschichten des Embryo. Alles, was man darüber sagt, ist nur ein ganz nutzloses Hin- und Herrathen und kann nur verwirren, statt aufzuklären. Gar häufig mögen hier die Keimblätter verwachsen oder anfänglich gleiche Cotyledonen sich später ungleich entwickeln. Spätere genaue Untersuchungen können hier allein Rath schaffen.

C. Ausbildung des Fruchtknotens und der Saamenknospe zu Frucht und Saamen.

§. 169.

Im Keimsack bildet sich, wo es nicht schon vorhanden ist, während der Entwickelung des Embryo stets Zellgewebe und zwar immer von den Wänden desselben, sowie vom Anfange des werdenden Embryo nach der Höhlung hineinwachsend, Endosperm (*endospermium*) genannt. Wie weit diese neue Zellenbildung fortschreitet, wie früh und wie weit sie vom auswachsenden Embryo wieder verdrängt wird, ist im Ganzen ausserordentlich verschieden, gewöhnlich aber für ganze Familien sehr constant. So bleibt ein bedeutender Theil dieses Endosperms noch im reifen Saamen erkennbar, bei den Liliaceen, Palmen, Gramineen, Cyperaceen unter den Monocotyledonen, bei den Ranunculaceen, Papaveraceen, Umbelliferen u. s. w. unter den Dicotyledonen. Selbst bei sehr engem Keimsacke ist oft noch ein solches Endosperm neben dem Embryo zu erkennen, z. B. bei den Nymphaeaceen und Hydropeltideen. Aeusserst selten und, so viel mir bis jetzt bekannt, nur bei den Cocoineen unter den Palmen und einigen Loganiaceen, z. B. *Strychnos*, bildet der von der Wand des Keimsacks ausgehende Zellenbildungsprocess nur eine dickere oder dünnere Auskleidung der Höhle, ohne dass diese von dem verhältnissmässig sehr kleinen Embryo eingenommen würde, welche Höhle denn auch im reifen Saamen noch die Bildungsflüssigkeit (Cytoblastem) mit Zellenkernen und einigen losen Zellen (die sogenannte Milch der Cocosnüsse) enthält oder eine leere Höhle zeigt wie beim Krähenauge.

Sehr verschieden ist die Ausbildung des neuen Zellgewebes; bald bilden sich die Wandungen vollständig zu Membranenstoff um, bald verharren sie in einem Zustande, der der Gallerte wenigstens ganz nahe steht (z. B. bei den *Cassia*-Arten), oder verschiedene Mittelstufen zwischen dieser, dem Amyloid und dem Membranenstoffe bildet und welchen man am trocknen reifen Saamen gewöhnlich mit hornartig bezeichnet. Die Zellenwände selbst bleiben bald ganz dünn, bald werden sie mannigfach porös verdickt; ihr Inhalt ist der gewöhnliche Inhalt der Zellen, assimilirte Pflanzenstoffe, oft mit Vorherrschen eines Bestandtheils, z. B. des Oels, des Stärke-

---

* *Linnaea*, Bd. VII. S. 572.

mehls u. s. w. Sehr selten finden sich im Endosperm Krystalle von oxalsaurem Kalk (wie bei *Pothos rubricaulis*).

Wie oben schon bemerkt, ist es sehr verschieden, ob der Keimsack bei seiner Bildung einen grösseren oder geringeren Theil des Kerns verdrängt. Wo ein Theil zurückbleibt, kann man zwei Verhältnisse unterscheiden nach der Form der Saamenknospe. Bei gerader Axe des Kerns wächst der Keimsack mehr oder weniger durch die Axe desselben und ist dann rings von dem stehenbleibenden Theile des Kerns umgeben (wie bei den Nymphaeaceen, Hydropeltideen, Piperaceen), bei gekrümmter Axe des Kerns dagegen verdrängt der Keimsack nur den dem Umfange der Saamenknospe entsprechenden Theil des Kerns, und der bleibende Theil des Kerns wird von dem Keimsack ringförmig umfasst (z. B. bei den Portulaceen, Caryophylleen u. s. w.). Diesen stehenbleibenden Theil des Kerns nennt man Perisperm (*perispermium*). Er zeigt, so weit mir bekannt, nur dünnwandige, völlig entwickelte Zellen, deren Inhalt stärkehaltig oder wässerig ist, oder aus gewöhnlichen assimilirten Stoffen besteht.

Nur bei *Canna* findet sich die Eigenheit, dass der Kern vom Keimsack frühzeitig verdrängt wird, aber die Substanz des Knospengrundes als Perisperm stehen bleibt.

Alle die hier genannten Zellgewebsmassen nennt die beschreibende Botanik, ohne Rücksicht auf ihren sehr verschiedenen Ursprung, Saameneiweiss (*albumen*).

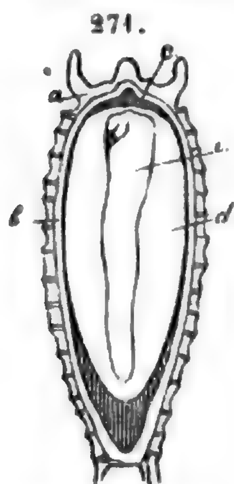
Die von dem genialen Italiener *Malpighi* angeregte Entwickelungsgeschichte kam bald in Vergessenheit, *Treviranus* belebte sie wieder, ohne dass es ihm gelang, sie in ihrer durchgreifenden Wichtigkeit als Princip der ganzen Wissenschaft zu erkennen. Dies blieb erst *Rob. Brown* vorbehalten, der in allen Punkten zeigte, wie Verständniss der Pflanze, also wissenschaftliche Botanik, nur durch Studium der Entwickelungsgeschichte zu erlangen sei, und so machte er namentlich auch die ersten Schritte, um in die Lehre vom Albumen Licht und Ordnung zu bringen. Die Botaniker haben es sich gesagt sein lassen und folgen nach wie vor ihrem alten Schlendrian. 1825 zeigte *Rob. Brown*, wie unter dem, was man Saameneiweiss nenne, zwei himmelweit verschiedene Dinge zusammengeworfen seien, und wies ihr gleichzeitiges Vorkommen bei den Nymphaeaceen nach; achtzehn Jahre sind seitdem verflossen und nicht ein einziger Botaniker hat einen Beitrag zur ferneren Ausbildung dieser Lehre geliefert. Es wird nach wie vor über die Natur der Dinge hin- und hergerathen, untersucht wird nichts, und die von *Mirbel* und *Brongniart* 1829—30 gelieferten Beiträge sind spurlos vorübergegangen, und immer wird man finden, wie in den neuesten Werken von berühmten Botanikern Nymphaeaceen u. s. w. als monocotyledone beschrieben, das Albumen genannt wird, ohne auf den Ursprung desselben Rücksicht zu nehmen u. s. w. Mein unvergesslicher, zu früh für die Wissenschaft als Opfer seines Eifers gefallener Freund *Vogel* und ich haben versucht, durch eine Abhandlung über das Albumen* etwas mehr Licht und Ordnung in diese Lehre zu bringen; im Paragraphen habe ich das Wesentliche unserer Ergebnisse mitgetheilt, manche Specialitäten finden sich noch in jenem Aufsatze entwickelt, in dem wir in einer ausführlichen Behandlung des Albumens der Leguminosen nachgewiesen haben, dass dasselbe ächtes Endosperm und nicht, wie *De Candolle* meinte, ein verdicktes inneres Integument sei.

---

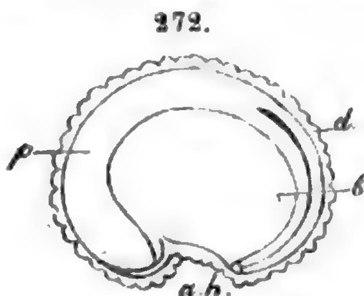
* *Acta Acad. L. C. N. C. Vol. XIX. P. II.* Ich bemerke hierbei, da die sonst übliche Titelnotiz über die Zeit der Einsendung vom Herausgeber weggelassen ist, dass dieser Aufsatz schon 1838 eingesandt und vom Herausgeber zum Abdruck angenommen wurde.

Die wichtigen Verhältnisse ergeben sich leicht aus einer Vergleichung der Saamen von *Typha* (271), von Endosperm allein, *Saponaria* (272), wo Perisperm allein und *Nymphaea* (273), wo beides gleichzeitig vorhanden ist.

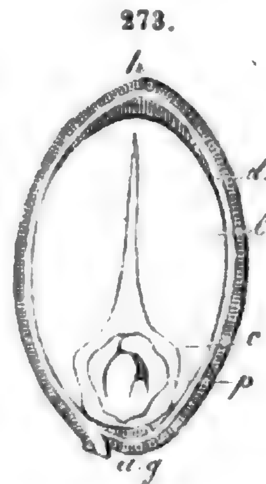
271.



272.



273.



Schliesslich will ich nur noch bemerken, dass ich den Begriff des Gärtner'schen Dotters *(vitellus)*, unter welchen er die heterogensten Dinge zusammengebracht hatte, bald Endosperm, bald Theile des Embryo, als gottlob antiquirt hier völlig übergangen habe.

§. 170.

Die Hüllen der Saamenknospe, wozu ich hier auch die Kernhaut rechne, bilden sich ebenfalls sehr verschieden aus. Aeusserst selten werden sie vom auswachsenden Endosperm, wenigstens auf der äussern Seite, vollständig resorbirt, so dass das Endosperm in convex-concaver Gestalt in seiner concaven Seite die Reste derselben aufnimmt, an der convexen aber ganz nackt ist. Dieser merkwürdige Vorgang findet bei der Abtheilung der *Veronica*-Arten statt, die man muschelsaamige (*cochlidiospermae*) nennt. Häufiger bleiben die Integumente wenigstens als dünne, leicht in Fetzen abfallende Haut noch auf dem Endosperm haften, so bei vielen Rubiaceen, namentlich beim Kaffee. Gewöhnlich aber bilden sie eine geschlossene Hülle für Perisperm, Endosperm oder Embryo, je nachdem diese Theile vorhanden sind und heissen dann Saamenschale (*epispermium*). Ihr Zellgewebe bildet sich dann nach und nach in mehrere oder wenigere (1—5) Lagen verschiedenartig entwickelter Zellen aus. Häufig erscheinen die gesammten Integumente als ganz dünne Membran, bei den einsaamigen, nicht aufspringenden Früchten, (z. B. bei Gräsern). Gewöhnlich lassen sich mehrere Lagen unterscheiden. Ueber die Zurückführung dieser Zellenlagen auf die Integumente oder deren Theile, aus denen sie entstanden sind, lässt sich durchaus noch gar nichts Allgemeines angeben, sondern nur durch die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Familien und selbst Geschlechter entscheiden.

Bei der Ausbildung der Saamenknospe bilden sich nun auch häufig neue Gefässbündel im Parenchym des einzigen oder des äusseren Integuments mit der Ge-

271. *Typha latifolia.* Frucht im Längsschnitt. *a* Fruchtschale. *b* Saamenschale. *c* Deckelchen. *d* Endosperm. *e* Keimpflanze.

272. *Saponaria officinalis.* Saamen im Längsschnitt. *a, h* Anheftungspunkt und Knospengrund. *d.* Saamenschale. *b* Perisperm. *p* Keimpflanze.

273. *Nymphaea alba.* Saamen im Längsschnitt. *a, g* Anheftungspunkt und Knospenmund. *h* Knospengrund. *d* Saamenschale und Epidermis derselben. *b* Perisperm. *e* Endosperm. *p* Keimpflanze.

fässendigung des Knospenträgers in Verbindung, gewöhnlich strahlig in zierlichen Formen vor ihr auslaufend (z. B. bei der Haselnuss, Citrone u. s. w.). Oft bildet sich nur das Gefässbündel der Saamennaht in der Weise fort, dass es einfach den ganzen Umfang der umgekehrten Saamenknospe bis zum Knospenmund durchläuft (z. B. bei vielen Compositen).

Häufig bilden sich einzelne Theile der Integumente noch besonders aus. Hierher gehören zunächst die schon besprochenen Anhänge der Saamennaht, die sich häufig noch weiter entwickeln, oder ein nun erst neu entstehender, meist nur aus einer Falte der Oberhaut gebildeter Auswuchs, der sich in zwei, selten in drei, gewöhnlich verticalen Linien um den ganzen Saamen herum zu einem häutigen Rande, Flügel (*ala*), entwickelt, oder endlich erhabene Leisten, die sich auf verschiedene Weise auf der Oberfläche des Saamens erheben und oft, netzförmig verbunden, zwischen sich Grübchen bilden (z. B. bei Scrophularinen), ferner der äussere Knospenmund, der (bei Euphorbiaceen) in Form einer Warze einen eigenthümlichen Anhang bildet, oder zu einem Haarschopf (*coma*) auswächst (bei Asclepiadeen und andern), oder eine becherförmige Vertiefung mit zerschlitztem Rande bildet (bei *Philadelphus*) u. s. w. Auch in der Gegend des Knospengrundes zeigen sich oft eigenthümliche Veränderungen der Zellen, als Warzen, Höcker und dergleichen, oder doch als eine verschiedene, oft genau umgrenzte Färbung (z. B. bei *Abrus precatorius*, *Erythrina corallodendron* u. s. w.*.

Zuletzt ist hier noch zu erwähnen, dass bei einigen Pflanzen der Innenmund (z. B. *Lemna*), bei andern Aussen- und Innenmund zusammen (z. B. *Pistia*), bei noch andern ein Theil der gesammten Saamenintegumente, die vorher eine eigenthümliche Kreisfalte gebildet haben (z. B. *Maranta*, die Commelineen), endlich bei *Canna* die gesammten, nur einen kleinen Theil des Umfanges der ganzen Saamenknospe einnehmenden Integumente selbst sich unabhängig von allem Uebrigen verhärten durch Verdickung ihrer Zellen, leicht von dem Uebrigen trennbar als ein kleines Deckelchen dem Wurzelende des Embryo aufliegen und so Wurzeldecken (*operculum, embryotega*, Gärtner) genannt werden.

Ich muss hier leider abermals wiederholen, was sich dem tiefer eindringenden Forscher bei jedem Schritte in der Botanik aufdrängt, dass fast alles vorhandene Material, wegen gänzlichen Mangels eines wissenschaftlichen Princips, uns auch nicht einmal über den ersten Anfang der Wissenschaft hinausfördert. Fast nichts ist zu brauchen, fast Alles ist noch zu thun, beinahe jede Untersuchung muss auf's Neue, nur unter besserer Methode, wieder von vorn angefangen werden. Ein grösseres Gewirre, wie in der Lehre von den Saamenintegumenten herrscht, ist kaum zu denken. Die heterogensten Dinge sind unter einem Namen zusammengeworfen, durchaus identische in ganz verschiedene Classen von Organen gebracht, und hier ist es durchaus nöthig, wenn man die Confusion nicht noch grösser machen will, den Faden gänzlich abzuschneiden und von vorn anzufangen. Die Saamenepidermis, wie ich sie geschildert, wird bald als *testa* bei Leguminosen und *Drosera*, bald als *arillus* beschrieben; Saamenhäute werden angeführt, wie bei *Canna* und den Compositen, wo ächte Integumente nie vorhanden waren. Anhänge der Saamennaht, verdickter Saamenmund,

* *Link* (*El. phil. bot. II.* 285) sagt sehr ungenau, der Nabel bei *Abrus precatorius* sei schwarz gefärbt; gerade am Nabel hört die Färbung auf intensiv zu sein, die nur die Chalaza betrifft und bei *Erythrina* den Nabel gar nicht erreicht. Der Nabel selbst, d. h. die Trennungsfläche, ist niemals besonders gefärbt und erscheint nur anders durch die rauhe, nie glänzende Oberfläche des zerrissenen Zellgewebes.

Verdickung des *funiculus*, ächter Saamenmantel laufen bunt als *caruncula*, *strophiolus*, *arillus* und unter noch ein Dutzend anderer Namen durch einander, neue Namen hat Jeder in Bereitschaft; beobachten, wie die Dinge sich bilden, was sie für die Pflanzen bedeuten, thun Wenige, und die meisten Botaniker lassen diese Wenigen, wie *Brongniart*, *Rob. Brown*, *Mirbel* u. a. m. bei Seite liegen. Unmöglich kann hier der Einzelne helfen, er kann nur klagen und mahnen, dass ein besserer Geist die Botaniker beleben möge.

Die ganze Lehre hat sich bis jetzt blos nach willkürlichen Voraussetzungen ausgebildet, unter welchen besonders die hauptsächlich von *Gärtner* in seinem übrigens nicht genug zu schätzenden Werke (*de fructibus et seminibus plantarum*) begründete, durchaus der Natur widersprechende Ansicht, als müsse der Saame nothwendig von zwei Häuten bedeckt sein, den ersten Platz einnimmt. Woher das Gesetz genommen, wie es aus der Natur der Pflanze und des Saamens abzuleiten sei, giebt Niemand an, und doch hängt man so fest an diesem Vorurtheil, dass selbst, nachdem die Arbeiten von *Rob. Brown*, *Brongniart* und *Mirbel* schon erschienen waren, ganz tüchtige Leute meinen, ihre Sache sehr klug zu machen, wenn sie sagen, man solle z. B. bei *Viburnum* die Umschreibung nicht scheuen und am besten angeben: *spermodermis incompleta e tunica simplici formata*. Ich meine aber, man sollte sich nicht scheuen, alte, durch keine gründliche Untersuchung der Natur der Pflanze gestützte Vorurtheile wegzuwerfen und ganz einfach zu sagen: *epispermium* simplex;* oder, z. B. bei *Ricinus* und *Chelidonium*, *epispermii stratum medium crustaceum*, *internum membranaceum*, wobei es immer wenigstens unentschieden bleibt, welchem Integument die bezeichnete Lage angehört, denn bei *Ricinus* ist das zerbrechliche (*crustaceum*), die Oberhaut des innern Integuments, eng verbunden mit dem Parenchym desselben, und die häutige Lage die Kernhaut, bei *Chelidonium* dagegen ist die zerbrechliche Schicht die mit zarter Epidermis bedeckte ganze äussere Hülle, und die häutige Lage ist das innere Integument. Bei *Ricinus* würde demnach das äussere Integument als *stratum externum evanescens*, bei *Chelidonium* die Oberhaut als *stratum membranaceum medio arcte adhaerens* hinzukommen. Um die Verwirrung ganz vollkommen zu machen, tritt noch der Umstand ein, dass die verschiedenen Beobachter bei der Analyse reifer Saamen die Zahl ihrer Häute bald nach dieser, bald nach jener Methode präparirt, oder nach zarten Querschnitten unter schwächern oder stärkern Vergrösserungen nach den gerade ihnen unterscheidbaren Verschiedenheiten der Zellen bestimmt haben, so dass oft ein Saame mit einfacher Saamenhaut bestimmt wird, der zwei und drei hat, andere mit wirklich einfacher Haut wegen verschiedenartiger Ausbildung der Zellen mit zwei- und dreifachen Saamenhäuten beschenkt sind. Aus der geringen Zahl von Beobachtungen aber, die bis jetzt von *Brongniart*, *Mirbel*, *Brown* und mir mitgetheilt sind, geht schon mit völliger Sicherheit hervor, dass jede Bestimmung der Häute des reifen Saamens durchaus nichtssagend ist, wenn nicht ihre Natur durch Entwickelungsgeschichte nachgewiesen wurde.

Der im Anfange des Paragraphen erwähnte Fall bei den Cochlidiospermen der *Veronica*-Arten ist mir bis jetzt als die schwerste Aufgabe der Untersuchung erschienen und ich habe mehrere Jahre hinter einander die Untersuchung immer wieder aufnehmen müssen, bis ich sie vollendet hatte, denn zu allen übrigen Abnormitäten kommt hier noch eine ganz unsymmetrische Bildung der Saamenknospe, die die Untersuchung ausserordentlich erschwert.

Am Allgemeinsten ist es, dass sich das Epithelium des äusseren, des einzigen Integuments oder der Kernhaut in auffallender Weise ausbildet. So wird es bei den meisten Pflanzen, namentlich denen, welche harte, glänzende Saamen haben (z. B. Leguminosen), in ein Gewebe umgewandelt, welches aus verhältnissmässig langen prismatischen, auf die Fläche des Saamens senkrecht stehenden Zellen mit gewöhnlich

* Ich ziehe den ältern Namen von *C. L. Richard* vor.

stark, selbst bis zum theilweisen Verschwinden des Lumens verdickten Zellen besteht. Bei andern Pflanzen, namentlich solchen, deren Saamen, in's Wasser geworfen, sich mit Gallerte umgeben, besteht es aus ebenso gestellten cylindrischen, aber dünnwandigen, mit Gallerte dicht erfüllten Zellen (Quitten, Plantagineen), die häufig daneben die zierlichsten Spiralfasern enthalten (viele Polemoniaceen und Cucurbitaceen). Hier ist es oft leicht, die allmälige Anfüllung der Zelle mit Stärke, die Auflösung derselben zu Gummi und die Umwandlung desselben in die so sehr hygroskopische Gallerte zu beobachten, während gleichzeitig an der Wand die spiraligen Ablagerungen sich bilden*. Häufiger fehlt jene Gallerte, und die Zellen, weniger cylindrisch gebildet, treten papillös als Haare oder, zu mehreren vereinigt, als Stacheln, Höckerchen, Leisten u. s. w., die Oberfläche des Saamens uneben machend, hervor, oder bilden glatte Oberflächen, sind aber alle in ihren Wandungen auf die mannigfaltigste Weise spiralig, netzförmig oder porös verdickt (bei *Hydrocharis*, den meisten Labiaten, Solaneen, Scrophularinen). Sehr selten entwickeln sich diese Zellen ganz zart, weit und füllen sich mit Saft so, dass der Saame an sich einer Beere gleicht (bei *Punica granatum*, bei *Ribes* [?]). Merkwürdig sind die Fälle, wo diese Zellen sich in der Fläche so sehr ausdehnen, dass sie sich vom darunter liegenden Gewebe losreissen müssen und dann als lockerer Sack den Saamen umgeben (z. B. bei *Drosera* und *Parnassia*), oder, auf eigene Weise zu einem elastischen Gewebe umgebildet, aufreissen und den Saamen herausschnellen (bei *Oxalis*).

Unter dieser eben beschriebenen Epidermis ist dann das übrige Gewebe der Integumente sehr mannigfach entwickelt. Oft folgt eine Schicht lockerer Zellen mit Intercellulargängen oder Räumen (z. B. Leguminosen), in welche bei *Canna* und *Nelumbium*, die einzigen bekannten Fälle, wo die Oberhaut Spaltöffnungen zeigt, diese hineinführen. Gewöhnlich folgt, eng an die Oberhaut sich anschliessend, eine dünne Schicht Parenchym (das ganze äussere Integument) und dann, davon getrennt, als besondere Haut eine ganz dünne zellige Schicht (das innere Integument, allein oder mit der Kernhaut); so bei den meisten Liliaceen.

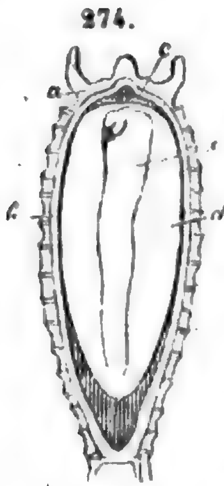
Eine andere Bildung pflegt da einzutreten, wo zwei Integumente vorhanden sind und das innere nicht blos aus einer Falte des Epitheliums gebildet ist. Hier pflegt das Epithelium des innern Integuments sich gerade so zu verhalten, wie Oben im Allgemeinen angegeben, während das äussere Integument allmälig verkümmert und in Fetzen abfällt (z. B. bei Euphorbiaceen), oder als dünner Ueberzug bleibt (z. B. Cistineen, Thymeleen, Laurineen). Auch hier kommen in der Epidermis des innern Integuments schöne spiralige Verdickungen (Laurineen, *Sparrmannia africana* [?]) u. s. w. vor.

Das Vorkommen von spiraligen, netzförmigen und porösen Verdickungsschichten in der Saamenepidermis ist etwas so Gewöhnliches, dass es nicht der Mühe lohnt, jetzt noch die einzelnen Fälle aufzuzählen. Einen grossen Reichthum verschiedenartiger Formenspiele zeigen z. B. die Scrophularinen, insbesondere die Verbasceen und Antirrhineen, aber auch fast alle Solaneen, besonders die mit beerenartigen Früchten, zeigen bald reine Spiralfibern, z. B. *Solanum*, bald netzförmige Verdickungen, z. B. *Datura*. Auffallend aber ist es, dass diese Bildung der Oberhaut bei den stets mit zwei Integumenten versehenen Saamenknospen der Monocotyledonen äusserst selten auftritt, und bei den Dicotyledonen sich, insbesondere bei den Monopetalen, die gewöhnlich nur ein Integument haben, zeigt.

Bei der Bildung von neuen Gefässbündeln in den Saamenintegumenten fand ich bis jetzt wenigstens ausnahmslos das Gesetz bestätigt, dass niemals im Kern und dem innern Integument, sondern nur in dem äussern oder dem einfachen Integument sich die Gefässe verbreiten. *Treviranus* hatte früher im Gegensatz dazu als Gesetz auf-

---

* Vergl. auch *Müller's* Archiv, Jahrg. 1838, S. 152 ff. und meine Beiträge zur Botanik Bd. I. S. 134 ff.



gestellt, dass sich Gefässe nur in dem innern Integument bilden, weil er, vom reifen Saamen ausgehend, die sehr harte und dicke Epidermis vieler Saamen mit dem äussern Integument und das Parenchym desselben mit dem innern Integument verwechselte. *Link** hat dieselbe falsche Behauptung und hier doppelt falsch, weil er bestimmt die Saamenschale (*testa*) auf das äussere Integument, die innere Haut (*membrana interna*) auf das Innere Integument der Saamenknospe bezieht.

Dass der Wurzeldeckel (274, *c*) aus sehr verschiedenen Theilen sich bilden könne, geht aus dem im Paragraphen Angeführten hervor. Die eigenthümliche Entstehung desselben bei Commelineen und Marantaceen hat *Mirbel* zuerst in der Entwickelung nachgewiesen, bei *Canna* ich.

§. 171.

Sehr wichtige Veränderungen gehen während der Ausbildung des Embryo auch mit dem Knospenträger vor. Oben ist bemerkt worden, dass schon vor der Anlage des Embryo, nach vollständiger Ausbildung der Saamenknospe, aus dem Knospenträger abermals eine Bildung, die den Hüllen der Saamenknospe sehr ähnlich ist, hervortritt. Bei weitem häufiger ist nun aber eine solche Production nach Anlage des Embryo. Sehr verschieden ist diese Bildung, je nachdem sie weiter fortschreitet, oder früher in ihrer Entwickelung stillsteht (bei den meisten Leguminosen); je nachdem das Gebilde als eine continuirliche Hülle den ganzen Saamen überzieht (bei *Nymphaea*, *Passiflora*, *Taxus*), oder nur in einzelnen, unter einander hin und wieder zusammenhängenden Lappen und Bändern auftritt (bei *Myristica* [?]), oder endlich nur in langen Haaren besteht, die den Saamen umhüllen (bei *Salix*); sehr verschieden, je nachdem dieses Organ blos hautartig, oder trocken faserig ist (*Nymphaea*, *Salix*), oder fleischig, saftig (*Taxus*), oder zuletzt, ganz in einzelne saftige Zellen aufgelöst, den Saamen umgiebt (z. B. *Arum*, *Mamillaria*). An dieser letztern Umbildung nehmen dann gewöhnlich auch das leitende Zellgewebe und ein Theil der innern Oberfläche der Fruchtknotenhöhle Theil. Man hat die erstern Bildungen, die alle denselben Ursprung haben, nämlich weitere Entwickelungen des Knospenträgers sind, zum Theil mit dem Namen Saamenmantel (*arillus*), die letzteren, wo die saftigen Zellen vereinzelt ihren Ursprung nicht mehr verrathen, als Fruchtbrei (*pulpa*) bezeichnet. Einzelne Formen, z. B. bei *Salix*, werden auch als Haarschopf (*coma*) beschrieben.

Welch heterogene Dinge von der gewöhnlichen Botanik unter dem Namen des *arillus* zusammengefasst werden, ist ganz unglaublich, wenn man nicht weiss, dass die Botanik bisher fast nur nach oberflächlicher Anschauung und äussern Aehnlichkeiten und höchstens nach einer Vergleichung, die ohne feste Grundlage aber keinen Werth hat, ihre Begriffe gebildet hat. In der Zoologie hat die vergleichende Behandlungsweise noch einen Sinn, weil man einen möglichst vollständig nach seiner Entwickelungsgeschichte erkannten Organismus, den menschlichen, zum Grunde legen konnte; und doch hat auch hier die Entwickelungsgeschichte ihr Recht behauptet, und die neueren Untersuchungen haben bewiesen, zu welchen Irrwegen und Verwir-

274. *Typha latifolia*. Frucht im Längsschnitt. *a* Fruchtschale. *b* Saamenschale. *c* Deckelchen. *d* Endosperm. *e* Keimpflanze.

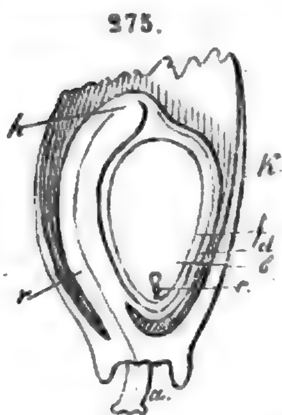
* *Elem. phil. bot. ed. II. Vol. I. p.* 285.

rungen die blosse Vergleichung ohne Entwickelungsgeschichte führen kann. In der Botanik dagegen, wo wir noch nicht eine einzige Pflanze in ihrem Bau und ihrer Entwickelung vollständig erkannt haben, bleibt eine solche vergleichende Behandlung ganz leere Spielerei des Witzes. Es ist doch keinem Zweifel unterworfen, dass jeder Streit ein kindischer ist, wo kein urtheilendes Forum, keine Norm für die Entscheidung vorhanden ist, dass eine wissenschaftliche Untersuchung ganz müssig ist, wenn man nicht zuvor ein Princip der Wahrheit aufgefunden hat. Ein solches fehlt aber der Botanik durchaus.

Link Elem. phil. bot. (ed. II.) II, 265, sagt: »Wo der Nabelstrang in den Saamen eintritt, befindet sich oft ein verschieden gestalteter Theil, der aus dem verdickten und ausgebreiteten Nabelstrang entstanden ist, aber mit einer Oberschicht überzogen, die dem Nabelstrang fehlt . . . man nennt sie einen Saamenumschlag oder Arill. Er ist kugelförmig (*Euphorbia*), ein uneingeschnittener Kelch (*Anagallis*), ein vierzähniger Kelch (*Polygala*), ein zerrissener Kelch (*Myristica*).« — Schon *Mirbel* hat nachgewiesen, dass die Drüse bei *Euphorbia* himmelweit von einem *arillus* verschieden ist und gar nicht aus dem Nabelstrang entsteht, bei *Anagallis* kommt gar nichts auch nur entfernt einem *arillus* Aehnliches vor, bei *Polygala* ist nur eine etwas lockere Saamenepidermis vorhanden, und das Alles wird von *Link* zusammengeworfen. Wer die elastische Oberhaut der Saamen bei *Oxalis* einen *arillus* nennt, ist eben so viel und so wenig berechtigt als der, welcher sie Oberhaut oder gar *pulpa* nennen will. Der Streit ist ein endloser, die Wissenschaft in beständiger Verwirrung und im Schwanken begriffen, so lange kein Maass vorliegt, mit dem man die Richtigkeit dieser oder jeder Meinung messen könnte. Ein solches Maass ist aber allein die Entwickelungsgeschichte. Organe, die gleichen Ursprung, gleiche Entwickelungsgesetze haben, sind gleich; Organe verschiedenen Ursprungs verschieden. Formen der Ausbildung, die überall vorkommen können, sind keine Merkmale der Unterscheidung der Organe, sondern nur Merkmale ihrer Unterarten. Das sind die Regeln, die die Entwickelungsgeschichte uns bietet, um sicher jedes Pflanzengebilde zu bestimmen. Zu ihrer Anwendung gehört aber mehr, als die magere Beschreibung einer trockenen Pflanze.

Die Ausbildung des Saamenmantels und Saamenbreis mit saftigem Zellgewebe ist gar häufig, und sehr viel seltener sind überhaupt bei der Entwickelung des Knospenträgers Verholzungserscheinungen, doch kommen zierliche Spiralzellen an dem Knospenträger einiger *Veronica*-Arten vor, und der Knospenträger der *Magnolia*-Arten (den ich leider nie zu untersuchen Gelegenheit hatte) soll ganz aus Spiralfaserzellen bestehen.

275.



Man unterscheidet bei dem vollständigen Saamenmantel, der die Saamenknospe wie ein Integument ganz umgiebt (275, *k*), den geschlossenen von dem ungeschlossenen; der erstere kommt niemals vor; wo ein wirklich ringsgeschlossenes Gebilde den Saamen umgiebt, ist's sicher eine Lage der Saamenhäute. Namentlich bei den *Passiflora*-Arten ist er immer nach Oben geöffnet. Ob übrigens alle im Paragraphen genannten Bildungen, die bei *Evonymus* und *Myristica* vorkommenden Bildungen, so wie die bei *Solanum* hierher gehören, will ich nicht behaupten, denn von diesen und vielen andern Pflanzen fehlt noch die Entwickelungsgeschichte *.

275. *Passiflora alba*. Saamen im Längsschnitt. *a* Knospenträger und Anheftungspunkt. *h* Knospengrund. *d* Aeussere, *f* innere Schicht der Saamenschale. *b* Endosperm. *c* Keimpflanze, *r* Saamennaht. *k* Saamenmantel.

* Von *Planchon* haben wir eine Arbeit über den *Arillus* erhalten (*Compte rendu Dec.* 1844), die mir nach dem in der bot. Zeitung mitgetheilten Auszug und seinen andern Arbeiten kein besonderes Vertrauen erweckt. Er behauptet namentlich, dass bei *Myristica* und *Evonymus* kein *Arillus*, sondern eine Wucherung des Knospenmundes (*arillode*, wie er es nennt) vorkomme.

§. 172.

Schliesslich sind hier noch die im Fruchtknoten vorgehenden Veränderungen zu betrachten. Den zur Frucht erwachsenen Fruchtknoten nennt man Fruchtschale (*pericarpium*). Ausser der gewöhnlich beträchtlichen Vergrösserung der Masse, die bald auf Ausdehnung der vorhandenen Zellen, bald auf Bildung neuer beruht, haben wir folgende Punkte ins Auge zu fassen. Zuerst sind die Veränderungen zu erwähnen, die in der äussern Form eintreten, indem die Stempel bei Vergrösserung ihrer Masse auch oft die Verhältnisse ihrer Theile ändern. Namentlich wird gewöhnlich der Staubweg als ein ferner unnützer Theil abgeworfen oder vertrocknet, seltener wächst er weiter aus und nimmt zuweilen eine unverhältnissmässige Grösse an, z. B. bei vielen Geraniaceen. Der Fruchtknoten bildet nicht selten jetzt erst hervortretende Rippen, Warzen, Höcker oder dünne, hautartige Fortsätze (Flügel) aus.

Demnächst werden die Verhältnisse im Innern des Fruchtknotens wichtig. Sowie die Ausbildung des ganzen Stempels und der Saamenknospe zu Frucht und Saamen, so hängt auch, wie es scheint, die Entwickelung der einzelnen Theile des Ersteren fast ganz von der gesunden Ausbildung des Embryo ab. Daher bleiben Fächer, in denen sich keine Saamenknospe zum Saamen entwickelt, ebenfalls in der Entwickelung zurück und werden an der reifen Frucht oft völlig unkenntlich. Oft scheint dies sogar specifisch gesetzlich zu sein. So wächst bei vielen Palmen, z. B. *Chamaedorea*, von drei Fächern stets nur eins aus, während die andern allmälig verkümmern*. Aehnlich ist es bei allen Cupuliferen, und der Fruchtknoten der *Castanea* mit sechs Fächern und zwölf Saamenknospen hat gewöhnlich nur eine einfächerige, einsaamige Frucht. Aus der reifen Frucht lässt sich daher niemals die ursprüngliche Zahl der Fächer und Saamenknospen bestimmen. Dagegen bilden sich auch nicht selten grosse Luftlücken in der Wand des Fruchtknotens, die täuschend das Ansehen von natürlich saamenleeren Fächern annehmen, z. B. bei *Nigella*.

Wichtig wird hier ferner die Entwickelung des Zellgewebes von der innern Wand der Fruchtknotenhöhle, aus welcher sich häufig bei sehr langen Fruchtknoten, aber stets erst nach der Entstehung des Embryo, falsche Scheidewände und zwar transversale bilden, in einer Richtung also, in welcher ächte niemals vorkommen können. Im Allgemeinen hat man Früchte mit diesen falschen Scheidewänden Gliederhülsen (*lomenta*) genannt, z. B. bei *Raphanus*, *Ornithopus*. Oft aber bildet dieses Zellgewebe keine wirklichen falschen Scheidewände, sondern legt sich nur die Höhle ausfüllend dicht zwischen und um die Saamen herum, z. B. bei *Glaucium*, *Ceratonia* u. s. w.

Insbesondere sind aber hier die Structurverhältnisse des Fruchtknotens in's Auge zu fassen.

Durch die ganze Reihe der Phanerogamen finden wir die allerverschiedenartigste Umwandlung der Structurverhältnisse des Fruchtknotens, wodurch eine grosse Menge verschiedener Erscheinungsweisen der reifen Frucht bedingt sind. So weit meine Beobachtungen reichen, lassen sich in der Entwickelung zwei verschiedene Typen unterscheiden, je nachdem die Zellgewebslagen der Fruchtschale von Aussen nach Innen oder von Innen nach Aussen immer derber und fester aus-

* Grundfalsch ist die Darstellung bei *Link Elem. phil. bot. Ed. II. Vol. II. p.* 269.

gebildet werden. An den ersteren kann man ganz allgemein, ihre morphologische Bedeutung mag sein, welche sie wolle, vier verschiedene Zellenlagen unterscheiden, wenn sie auch bald mehr bald minder deutlich hervortreten, nämlich die Epidermis der äusseren Fläche, das Epithelium der inneren Fläche und zwischen beiden eine äussere Parenchymschicht, deren Zellen meist zartwandig, fleischig und von einfach polyedrischen Formen sind, endlich eine innere Parenchymschicht, deren Zellen mehr oder weniger verdickt, lederartig oder holzig, stets in die Länge gestreckt sind. Der zweite oben erwähnte Typus zeigt sich dann bei den Früchten, bei denen das Parenchym sich mehr oder weniger fleischig und saftig entwickelt und häufig nach Innen, wo es die Fruchthöhle begrenzt, in isolirte Zellen auflöst, während entweder nur die Oberhaut der Aussenfläche sehr derb wird, oder sich auch unter ihr einige Lagen Zellen derber (Cucurbitaceen) und selbst holzartig ausbilden (z. B. *Lagenaria*, *Crescentia*). Bei der die Beeren oft ausfüllenden Masse isolirter saftiger Zellen ist nicht mehr zu entscheiden, wie viel davon der innern Fruchtwand, wie viel dem leitenden Zellgewebe und dem Knospenträger angehört. Man kann das Ganze immerhin Fruchtbrei (*pulpa*) nennen.

Auf dem mehr oder minder deutlichen Hervortreten und der verschiedenen Ausbildung der Schichten der Fruchtschale beruhen alle Verschiedenheiten der Früchte, die uns anschaulich entgegentreten, welche die Volkssprache grösstentheils lange schon mit bestimmten Namen unterschieden hatte, ehe die Botaniker Fruchtsysteme aufbauten. Wo die Schichten scharf hervortreten, zeigt die äussere Epidermis selten etwas Auffallendes; das innere Epithelium nimmt häufig an der Umbildung der innern Parenchymschicht Theil, welche von lederartiger Consistenz bis zur steinharten, am Stahl Funken gebenden variirt, immer aber aus (gewöhnlich porös) verdickten Zellen besteht. An der innern Parenchymschicht kann man zwei verschiedene Vorkommnisse unterscheiden, dass nämlich, wenn 1. mehrere Lagen von Zellen dazu gehören, die Längsdurchmesser der Zellen der einen Lage die der andern Lage gewöhnlich in irgend einem Winkel schneiden (z. B. *Leguminosae*, *Amygdaleae*, fast alle Kapseln), wenn 2. nur eine Schicht vorhanden ist, die Zellen so angeordnet sind, dass 5 — 6 und mehr Zellen parallel liegend kleine Plättchen bilden, aus denen die Lage mosaikartig so zusammengesetzt ist, dass die Längsdurchmesser der Zellen eines Plättchens nie mit denen des anliegenden Plättchens in einer Linie liegen (z. B. *Asclepiadeae*, *Cruciferae*). Auch das Epithelium der innern Fläche wird zuweilen zu zierlichen Spiralfaserzellen umgewandelt, z. B. bei einigen Papaveraceen (*Chelidonium*), bei Umbelliferen (*Anethum*) u. s. w., seltener bildet es sich zu ächter Epidermis mit vollkommenen Spaltöffnungen aus, z. B. bei *Reseda*, *Passiflora* u. s. w. Die äussere Schicht des Parenchyms variirt von lederartiger Consistenz bis zur völligen Auflösung in leicht zerdrückbare saftige Zellen. *De Candolle* und Andere haben sich bemüht, diese Schichten auf die Textur des Normalblattes zurückzuführen. Wie mir scheint, ist das eine leere Spielerei; erstens giebt es keine Normalblattstructur, so wenig, als eine Normalblattform; zweitens sind viele Fruchtknoten gar nicht aus Blattorganen entstanden, und drittens finden sich oft in derselben scharf begrenzten und durchaus natürlichen Familie die wesentlichsten Verschiedenheiten in nahe verwandten Geschlechtern, z. B. bei den Solaneen, wo ächte Beeren und Kapseln, bei den Dryadeen, wo ächte kleine Beeren und Achänien vorkommen.

Bei der Bildung der Beere und des Fruchtbreis lässt sich gewöhnlich sehr schön die Entstehung von Zellen in Zellen u. s. w. beobachten. Es wird dann aber die Mutterzelle, besonders gegen die Zeit der Fruchtreife, früher resorbirt, ehe sich die jungen Zellen fest vereinigt und so weit ausgedehnt haben, dass sie beim Freiwerden sich mit den benachbarten Zellen verbinden können; so bleiben sie lose in den sich

gleichzeitig übermässig ansammelnden Säften liegen. Gewöhnlich zeigt sich in diesen isolirten Zellen eine Circulation in netzartig anastomosirenden Strömchen (z. B. *Solaneae*, *Cacteae*, *Lonicereae*).

Einige ganz dünnwandige Fruchtknoten bei Aroideen und Najadeen, so wie zum Theil bei den Familien, deren einsaamige nicht aufspringende Fruchtknoten sich eng mit dem äussern Integument des Saamens verbinden und so das vorstellen, was *Linné* nackte Saamen nannte, z. B. Gramineen, Labiaten, Borragineen, Compositen u. s. w. sind in der reifen Frucht oft so zusammengedrückt und gleichförmig ausgebildet in allen ihren (wenigen) Zellenlagen, dass sie sich nur nach Analogie einem der erwähnten Typen anreihen lassen.

Die Epidermis der Frucht zeigt bei den nicht aufspringenden Früchten gar häufig Zellen mit spiraligen und netzförmigen Verdickungsschichten, z. B. bei Labiaten (insbesondere Salvien), bei Casuarinen, auch die Haare derselben zeigen oft dasselbe, z. B. bei einigen *Compositae* (*Senecio*, *Trichocline*) u. s. w. Oft finden sich die zierlichsten Bildungen von Faserzellen durch das ganze Gewebe der nicht aufspringenden Fruchtknoten, z. B. bei Compositen (*Picridium*), bei Umbelliferen (*Sclerosciadium*, *Prangos*).

§. 173.

Aehnliche Verhältnisse wie beim Aufspringen der Antheren, beim Abfallen der Blätter und andern derartigen Erscheinungen kommen auch bei den Früchten vor, und beruhen auf denselben Ursachen, nämlich auf der Bildung von Schichten äusserst dünnwandigen, leicht zerstörbaren Zellgewebes, welches bei der geringsten Spannung, die in Folge der blossen Schwere des Pflanzentheils, oder einer ungleichen Zusammenziehung ungleicher Schichten von Zellgewebe eintritt, zerreisst und entweder als eigene Lage zwischen zwei anders gebildeten Zellgewebsmassen vorhanden ist, oder eben nur die äusserste Lage einer an sich dünnwandigen Zellgewebsmasse ausmacht, welche an sehr dickwandiges Zellgewebe angrenzt. Ob sich solche Trennungen bilden und an welchen Stellen, ist durchaus für einzelne Arten, Geschlechter und Familien specifisch und hängt von keinem bis jetzt bekannten Verhältniss in der Natur der Pflanzen ab. Deshalb entstehen Trennungen in der Continuität bald da, wo zwei ursprünglich getrennte Theile (Fruchtblätter) verwachsen waren, in der Naht (*sutura*), oder da, wo ursprünglich ein ungetrenntes Ganzes vorhanden war*, z. B. in der der Mittelrippe entsprechenden Linie eines Fruchtblattes; bald der Länge nach, wie in genannten Beispielen, bald der Quere nach, wie bei dem Abfallen ganzer Früchte, bei dem Zerfallen länglicher Früchte in einzelne Glieder u. s. w.; bald nur an ganz kleinen Theilen des Fruchtknotens, so dass er durch bestimmt begrenzte Löcher sich öffnet. Bei dem wegen Verschiedenheit der Schichten stets ungleichen Austrocknen der Fruchtschale zerreissen dann viele Früchte auf die mannigfachste Weise *a.* in einzelne für sich geschlossene Theile, der Länge oder Quere nach sich trennend, Theilfrüchte (*mericarpia*); oder *b.* in einzelne flache Stücke, Klappen (*valvulae*). Bei der Längstheilung oder Klappenbildung bleibt ausser diesen Theilen bei manchen Familien noch eine gewöhnlich stielartige Zellgewebsmasse stehen in der Mitte der einzelnen sich ablösenden Theilfrüchte, z. B. bei Umbelliferen, Euphorbiaceen, Geraniaceen, oder der sich trennenden Klappen, z. B. bei *Rhododendron*: das Fruchtsäulchen (*columella*). Auch

* Auch hier hat man, ohne sich um die durchgreifende Verschiedenheit zu kümmern, die Trennungslinie mit dem hier ganz sinnlosen Ausdruck Naht bezeichnet.

hier tritt nur eine Zerreissung ursprünglich zusammengehöriger Theile ein und in keinem der genannten Fälle ist der stehenbleibende Stiel etwa das Stengelglied der Blüthenaxe, an welches die Fruchtblätter befestigt waren, sondern eine ganz unselbstständige Zellgewebsmasse.

In gar vielen Handbüchern der Botanik findet man die Anweisung, die Zahl der Fruchtblätter nach der Zahl der Klappen der Frucht zu bestimmen. Wie so ganz gedankenlos diese Rede ist, hätte den Verfassern schon das Queraufspringen der sogenannten umschnittenen Kapsel und die Quertrennung in einzelne Theile bei der Gliederhülse sagen können, aus welchen beiden Thatsachen allein zur Genüge hervorgeht, dass die spätere Trennung in einzelne Theile von der ursprünglichen Zusammensetzung völlig unabhängig ist. Aber so wie das Wort Verwachsung bisher ohne Sinn angewendet wurde, nach willkürlichen Fictionen der einzelnen Botaniker, so stand dann auch dem gleich willkürlichen Hin- und Herrathen bei den im Paragraphen berührten Verhältnissen nichts im Wege. Die ganze Art und Weise dieser Trennungen aber steht mit der ursprünglichen Zusammensetzung des Fruchtknotens aus einzelnen Theilen, Fruchtblättern u. s. w. auch nicht in der allergeringsten Verbindung, und jeder Schluss von der Zahl der späteren Theile auf die Zahl der ursprünglichen constituirenden Theile zeigt nur die gänzliche Unbekanntschaft des Schliessenden mit der Natur der Pflanze und insbesondere dieses Vorgangs. Hier, wie so oft am Pflanzenorganismus, bilden sich in dem anfangs homogenen Zellgewebe, welches selbst da, wo wirkliche Verwachsungen stattgefunden, sich so eng in einander schliesst, dass bald die Grenze völlig verwischt ist, Lagen sehr verschiedenartiger Zellen aus, die theils in der Consistenz des ihre Wandungen bildenden Stoffes, theils in der mehr oder minder fortgeschrittenen Verdickung ihrer Wände grosse Verschiedenheiten zeigen. Gleichartig ausgebildete Zellen hängen auch meist fester unter einander zusammen, als mit ungleichartigen, und daher kommt es, dass die verschiedenen Lagen sich so leicht von einander trennen, wie z. B. der saftige Theil der Frucht bei Mandel, Pflaume, Wallnuss u. s. w. von dem holzigen. Gewöhnlich bilden sich aber bestimmt für diesen Zweck dünne Platten ganz zartwandigen und früh absterbenden Zellgewebes aus, die dann bei der geringsten Dehnung zerreissen und so eine Trennung der Continuität veranlassen. Selbst da, wo wirklich ursprünglich getrennte Theile verwachsen waren, geschieht die Trennung selten (oder nie?) so, dass sich die verwachsenen Theile wieder einfach von einander ablösten, sondern so, dass die Zellen zerreissen, zerstört werden, und so ist selbst in diesen Fällen das Verständniss des Vorganges noch keineswegs gewonnen und ausgesprochen, wenn man sagt, es seien die Klappen die ursprünglichen Fruchtblätter; es zeigt sich vielmehr gerade hierbei, dass alle diese Trennungen der Continuität an der ganzen Pflanze unter ein und dasselbe Gesetz, das der morphologisch bestimmten Zerreissung, fallen, welches von dem der morphologisch bestimmten Organenbildung und Verbindung durchaus verschieden und unabhängig ist.

Insbesondere will ich hier noch die Anwendung, die man von jener falschen Ansicht auf die Geraniaceen und Umbelliferen gemacht hat, hervorheben. Bei beiden trennt sich die Frucht in einzelnen Theilen von einer stielartigen Zellgewebsmasse, am längsten mit der Spitze derselben in Verbindung bleibend und von dieser gleichsam herabhängend. Nach der beliebten Methode des Rathens wurde nun dieser Stiel für die Fortsetzung der Blüthenaxe erklärt, an welcher die Fruchtblätter befestigt seien und von welcher sie sich bei der Fruchtreife wieder lösten. Zunächst ist zu bemerken, dass bei den Umbelliferen der ganze Fruchtknoten überall nicht von Fruchtblättern gebildet wird, sondern eben von der Axe selbst. Bei den Geraniaceen dagegen sind es fünf anfänglich ganz freie Fruchtblätter, die keine Spur einer Fortsetzung der Blüthenaxe zwischen sich haben, die unter einander verwachsen und später so zerreissen, dass ein innerer Theil von jedem Fruchtblatte in der Axe stehen bleibt, während der

äussere Theil sich von Unten nach Oben allmälig ablöst. Jener innere Theil enthält ein Bastbündel nebst dem Staubwegcanal. Bei Umbelliferen dagegen zeigen sich in der Mitte der falschen Scheidewand des Fruchtknotens zwei Bastbündelchen, die mit einem Theile der sie umgebenden Zellen in der Axe der Frucht stehen bleiben, während die beiden Theile der Frucht von ihnen ebenfalls von Unten nach Oben allmälig losreissen. Zuweilen trennen sich jene Bastbündel auch von einander von Oben nach Unten, so dass der stielförmige Träger der Fruchttheile nach Oben gabelig gespalten, oder selbst vom Grunde an zweitheilig ist. Ganz ähnliche Zerreissungen wie bei den Geraniaceen kommen bei allen den Pflanzen vor, bei denen sich die Klappen der Frucht von einem stehenbleibenden Mittelsäulchen lösen; auch hier ist dasselbe niemals ein reines Axengebilde. Da z. B., wo die Axe (der Saamenträger) die Grundlage macht, bleiben doch stets bedeutende Stücke der Carpellblätter mit der Axe in Verbindung, und die Trennung geschieht also ebenfalls innerhalb der Continuität eines Organs, z. B. Euphorbiaceen.

D. Erscheinungen an den übrigen Blüthentheilen während der Ausbildung von Frucht und Saamen.

§. 174.

Die übrigen zur Blüthe gehörigen Theile zeigen bei der Entwickelung des Fruchtknotens zur Frucht grosse Verschiedenheit. Staubfäden und Blumenblätter werden bald nach der Befruchtung durch ächte Gliederung an ihrer Basis abgeworfen oder sterben ab und vertrocknen an der Blüthe. Selten bleibt ein Theil von ihnen, besonders wo sie unter einander verwachsen sind, stehen und wird fleischig oder holzig (z. B. *Mirabilis*). Ganz ebenso verhält sich die Blüthenhülle, die aber häufiger ganz stehen bleibt. Da wo die Blüthendecken ganz oder theilweise stehen bleiben, bilden sich in diesen zuweilen eben dieselben vier Schichten aus, welche sich in der Fruchthülle zeigen, während diese nur sehr dünn hautartig entwickelt ist (z. B. *Elaeagnus*), oder sie werden saftig und bilden eine Scheinbeere (z. B. *Morus*). Der Kelch dagegen bleibt bei den allermeisten Pflanzen bis zur völligen Fruchtreife stehen, wobei er sich entweder wenig oder gar nicht verändert, z. B. bei den Pomaceen, oder sich vergrössert und blasig aufgetrieben die Frucht umgiebt (bei *Physalis*, *Trifolium fragiferum*), oder als ein ganz zartes, häutiges oder haarförmiges Gebilde die Frucht als Haarkrone (*pappus*) ziert, wie bei den Valerianeen, Compositen u. s. w., oder auch halbabgeworfen wird (z. B. *Datura*). In manchen der genannten Fälle nehmen diese Theile den Schein wirklicher Früchte an, was noch viel häufiger bei den Axenorganen der Blüthe der Fall ist; so wird bei der Erdbeere der Fruchtknotenträger fleischig und erscheint als Frucht, bei *Hovenia*, *Semecarpus* und *Anacardium* bildet sich der Blüthenstiel zu einer solchen Scheinfrucht um. Am häufigsten aber ist es die hohle, becherförmig entwickelte Scheibe oder der Blüthenstengel, welcher, fleischig ausgebildet, das bildet, was der gemeine Mann Frucht nennt, z. B. bei *Rosa, Malus, Pyrus, Ficus* u. s. w. Endlich ist noch zu erwähnen, dass auch besonders bei Blüthen ohne Blüthendecken die Deckblätter und Deckblättchen mit der Frucht auswachsen und zwar meistens holzig werden und so scheinbare Fruchthüllen bilden, z. B. bei Cupuliferen die sogenannte *cupula*, bei Betulineen die Schuppen des Zapfens u. s. w.

Ich habe hier nur auf die genannten Verhältnisse aufmerksam machen wollen, auf die ich bei genauerer Behandlung der Fruchtlehre noch einmal zurückkommen muss.

Es fehlt, wie überall, so auch bei der Frucht, an wissenschaftlich scharf bestimmten Begriffen, und an eine logische Anordnung der betreffenden Merkmale ist nirgends weniger zu denken als hier. Wenn der Bauer das, was er von der Feige essen kann, die Frucht nennt, so ist nichts dagegen zu sagen; wenn's der Botaniker aber nachmacht, so steht er tief unter dem Bauer, denn er sollte einsehen, dass Essbarkeit kein Merkmal für die Frucht, am wenigsten ein wissenschaftlich brauchbares sei. Mit der hergebrachten Inconsequenz hat man einen Theil jener im Paragraphen erwähnten Verhältnisse mit der Rede des gemeinen Mannes den Fruchtformen zugezählt, bei einem andern Theile richtiger bemerkt, dass die Frucht nur von einem, ihr nicht angehörigen Theile umgeben sei.

IV. Von der Frucht und dem Saamen.

§. 175.

Frucht (*fructus*), im Sinne der Wissenschaft, ist der einzelne Stempel zur Zeit der völligen Ausbildung der Keimpflanze (Saamenreife); Staubweg und Narbe behalten, wenn sie überall noch vorhanden sind, ihren Namen, der Fruchtknoten dagegen wird Fruchtschale (*pericarpium*) genannt. In diesem Sinne giebt es natürlich Pflanzen, die gar keine Frucht haben, weil sie nie einen Fruchtknoten hatten, denen daher wie nackte Saamenknospen, so auch nackte Saamen (*semina nuda*) zugeschrieben werden müssen; dazu gehören die Coniferen, Cycadeen und Loranthaceen. Aber es giebt auch noch einzelne Pflanzen, bei denen der Fruchtknoten früh zerstört wird, so dass die Saamenknospe sich ebenfalls ohne Hülle zum Saamen ausbildet; diese nennt man zum Unterschied von den vorigen entblösste Saamen (*semina denudata*, z. B. *Leontice* und *Peliosanthes theta*). Die wirklichen Früchte kann man nach Analogie der Blüthen in nackte (*fructus nudus*) und bedeckte (*fr. tectus*) eintheilen, je nachdem von der ganzen Blüthe nur noch der Fruchtknoten vorhanden (z. B. *Lilium*), oder derselbe von andern Blüthentheilen umschlossen erscheint (z. B. *Nicandra*). Wie in einer Blüthe ein oder mehrere Stempel vorkommen, so unterscheidet man hier die einfache Frucht (*fructus simplex*, z. B. *Nigella*) von der mehrfachen Frucht (*fructus multiplex*, z. B. *Ranunculus*). Endlich ist, wie beim Blüthenstand, auch hier neben der Frucht noch der Fruchtstand zu unterscheiden, für welchen man die Terminologie des Blüthenstandes beibehalten (wie Fruchtähre, Fruchtköpfchen, Fruchtdolde u. s. w.) oder einfach da, wie *Linné* bei der Blüthe der *Compositae*, so auch hier von einer zusammengesetzten Frucht (*fructus compositus*) sprechen könnte, z. B. bei *Ananas*.

Für die einzelne Frucht aber gilt, wie sich von selbst versteht, Alles, was über die Natur des einzelnen Fruchtknotens in Bezug auf seinen Ursprung, seine Zusammensetzung, seine innere Abtheilung u. s. w. gesagt worden ist, wenn sich diese Verhältnisse nicht durch die spätere Ausbildung verändert haben, in welchem Falle diese Veränderungen, aber auch nur diese, zu bezeichnen sind.

Man kann die Frucht auf doppelte Weise bestimmen, einmal so wie im Paragraphen geschehen, oder, wie auch von einigen Botanikern versucht, als die ganze Einzelblüthe zur Zeit der Saamenreife. Es wäre für die Wissenschaft im Grunde gleichgültig, welche Definition man festhalten wollte, wenn man nur irgend eine wirklich festhielte; aber dass eben noch kein Botaniker nach seiner eigenen Definition den Begriff consequent durchführte, brachte eine solche Verwirrung in die Lehre von der

Frucht, die, noch vergrössert durch die mangelhafte Kenntniss des Fruchtknotens und das haltungslose Hin- und Herrathen zur Erklärung auffallender Erscheinungen, die Lehre von der Frucht zu einem *crux et horror* Aller, die sich mit dem Studium der Botanik abgeben wollen, gemacht hat.

Mir scheint die im Paragraphen gegebene Definition, mit der die meisten Botaniker übereinstimmen, freilich ohne consequent sich selbst treu zu bleiben, die zweckmässigste für das Verständniss zu sein; auch würde uns sonst für diesen wesentlichsten Theil der bis zur Saamenreife fortgebildeten Blüthe ein passendes Wort zur Bezeichnung fehlen, wenn wir den Ausdruck Frucht auf die ganze Blüthe zur Zeit der Saamenreife anwenden. Es versteht sich wohl ganz von selbst, dass Botaniker, die Anspruch auf Wissenschaftlichkeit machen, sich heut zu Tage nicht mehr mit Angaben wie: »*pistillum unicum, stylus nullus, stigma simplex*« u. dergl. begnügen dürfen, sondern dass eine genaue Darstellung der Fruchtanlage nach innerem Bau, nach Zahl und Form der Saamenknospen u. s. w. unerlässlich ist. Dann aber wird auch eine Menge von Phrasen bei der Frucht überflüssig, die früher allerdings nothwendig waren und zum Theil noch jetzt aus Gewohnheit beibehalten werden. Es ist nämlich von selbst vorauszusetzen, dass, abgesehen von den Structurverhältnissen und dem neu entstandenen Embryo und Endosperm, der Bau der Frucht dem der Fruchtanlage ganz gleich ist und nur da, wo durch wesentliches Fehlschlagen von Saamenknospen und ganzen Fächern bedeutende Modificationen eingetreten sind, ist dies zu bemerken nöthig.

Zwei sehr verschiedene Gesichtspunkte sind bei der Lehre von der Frucht sowohl festzuhalten, als auch scharf zu unterscheiden, nämlich das wissenschaftliche Verständniss der Frucht und die anschauliche Bezeichnung. Beide so ganz verschiedene Rücksichten hat man bisher völlig confundirt und daher in der Lehre von der Frucht in erster Beziehung viel zu wenig, in zweiter viel zu viel gethan. Auch hier hat sich aber diese Verwirrung der Standpunkte historisch herangebildet, und es ist wahrlich an der Zeit, dass wir nach und nach diese uns noch anklebenden Eierschalen der auskriechenden Wissenschaft abstreifen. Es ist freilich noch nicht gar lange her, dass man angefangen hat, genauer auf den Bau des Fruchtknotens zu achten, und so lange dieser nur roh nach seinen Umrissen beschrieben wurde, musste man auch bei Beschreibung der Frucht Manches nachtragen, was eigentlich schon früher hätte erwähnt werden müssen. Dass solches Flickwerk nicht weit reicht, zeigen aber, wie ich meine, unsere Fruchtsysteme mit ihrer Lückenhaftigkeit und doch zugleich mit ihrem Wust von Namen und Synonymen zur Genüge. Auch ist es ganz von selbst klar, dass, wer das Verständniss der Frucht erst bei der reifen Frucht selbst sucht, niemals dazu gelangen wird. Die Frucht ist nur das Endresultat einer langen Entwickelungsreihe der ganzen Pflanze, das letzte Product einer grossen Menge von Factoren, und giebt für sich über alles Vorangegangene, über Zahl und Natur der mitwirkenden Factoren keinen Aufschluss. So hat man von der Zahl der Klappen auf die Zahl der den Fruchtknoten bildenden Theile schliessen wollen; man hätte nur an die *capsula circumscissa*, das *lomentum* und *legumen*, an die *dehiscentia loculicida septifraga* zu denken brauchen, um einzusehen, dass ursprüngliche Zusammensetzung und spätere Theilung in gar keinem nothwendigen, sondern höchstens zufälligen Zusammenhange stehen. Man hat sich bemüht, die einzelnen Schichten der Fruchtschale auf die Schichten eines Blattes (Fruchtblattes) zu beziehen, aber abgesehen davon, dass Blätter und Fruchtschalen gar keine überall vorhandene Schichten zeigen, setzte man auch dabei höchst irrthümlich voraus, dass jeder Fruchtknoten aus Blattorganen zusammengesetzt sei u. s. w. Hat man dagegen den Bau des Fruchtknotens völlig verstanden, den allmäligen Entwickelungsprocess desselben zur Frucht aufgefasst, so bedarf die Frucht eben gar keiner Erklärung mehr, sie versteht sich von selbst; durch die Factoren ist stets das Product gegeben, niemals aber umgekehrt. Alles, was nun die Form und Zusammensetzung der Frucht betrifft, ist bei richtiger

Behandlung der Wissenschaft stets schon beim Fruchtknoten und seinem Entwickelungsgange gegeben, darin liegt also das Eigenthümliche der Frucht durchaus nicht, und daher verdient dies Alles auch keine bestimmte Bezeichnung. Dass ein unterständiger Fruchtknoten nicht zu einer oberständigen Frucht werden kann, versteht sich ganz von selbst, und die Früchte danach noch einmal zu unterscheiden, ist völlig überflüssig. Wichtiger ist es schon, anzugeben, ob Fächer und Saamen fehlgeschlagen sind, oder ob sich falsche Scheidewände während des Auswachsens der Frucht gebildet haben. Das Charakteristische für die Frucht dagegen und das ihr wesentlich Eigenthümliche sind ihre Structurverhältnisse und diese verdienen daher allein eine eigene Bezeichnung; so z. B. muss man die unterständige Kapsel von der unterständigen Beere unterscheiden, aber nicht die unterständige Beere von der oberständigen, da dies letztere Merkmal schon im Fruchtknoten gegeben war, und was für die Frucht hinzukommt, eben nur die beerenartige Ausbildung der Parenchymschichten der Fruchtschale ist.

Nirgends hat sich die rein schematische Auffassung so geltend gemacht, wie in der Lehre von der Frucht, nirgends ist man, von der Redeweise des gemeinen Mannes ausgehend und diese nur durch neue Worte vermehrend, so wenig bemüht gewesen, die Begriffe wissenschaftlich streng zu fassen, und nirgends ist daher auch die Terminologie so über alle Begriffe schwankend als bei der Frucht. Dieser nimmt 10, Jener 15, ein Dritter 20, noch ein Anderer 30 oder 40 Fruchtarten an; kurz der Wirrwar ist unbeschreiblich, und wenn man nach den besten Auctoritäten dem Schüler *drupa* als eine geschlossene, aussen fleischige und innen holzige Frucht erklärt, eine Kapsel als eine aufspringende trockne Frucht, so findet er z. B. bei *Reichenbach* keine einzige Labiate oder Borraginee beschrieben, da dieser denselben vier *drupas* zuschreibt und noch dazu die vier *drupas* zu einer Kapsel verbindet.

Die beste Darstellung dieser verwickelten Lehre finde ich bei *Lindley* (*Introduction to botany, ed. II.*), der wenigstens versucht hat, durch logische Anordnung und feste Begriffsbestimmung Licht zu schaffen. Doch ist es klar, dass der vorhandene, durch principlose Willkür zusammengewürfelte Wust von Namen auch dem redlichsten Willen überlegen ist. Hier kann nur dadurch geholfen werden, dass wir den ganzen Quark wegwerfen und die Untersuchung von vorne beginnen.

Wir besitzen der Fruchtsysteme fast so viele, als Botaniker geschrieben haben. Die ersten gründlichen Untersuchungen über Früchte und Saamen verdanken wir *Gärtner* (*de fructibus et seminibus plantarum,* Stuttgart 1788) und *L. C. Richard* (*Analyse du fruit*, *Paris* 1808), deren Werke auch für alle Zeiten classisch bleiben werden. Später haben *Mirbel*, *Dumortier*, *Desvaux* und Andere neue Fruchtsysteme gegeben, die, ohne irgend etwas wesentlich zu bessern, eine Unzahl neuer Namen auch für längst bekannte und benannte Sachen enthalten.

§. 176.

An der Frucht haben wir nun, nach Maassgabe des Vorhergehenden, folgende Betrachtungen genauer zu verfolgen.

1. Als Theile der Frucht haben wir die Fruchtschale (*pericarpium*), den Saamenträger (*spermophorum*), den Knospenträger (*funiculus*) und den Fruchtbrei (*pulpa*), endlich den Saamen (*semen*) und an diesem die Saamenschale (*epispermium*) und den Saamenkern (*nucleus*), an diesem die Keimpflanze (*embryo*) und das Saameneiweiss (*albumen*) zu betrachten.

2. Es sind ferner die übrigen Theile, die in näherer Beziehung zur Frucht stehen, von den Deckblättern bis zu den Blüthentheilen zu berücksichtigen als accessorische Organe.

3. Endlich sind die verschiedenen Arten der Frucht aufzuzählen.

Die meisten dieser Punkte bedürfen hier nur der übersichtlichen Erwähnung und Zusammenstellung, da Alles, was Wichtiges hierüber zu bemerken ist, schon in früheren Paragraphen (§. 159—174) erwähnt wurde.

---

1. Von den einzelnen Theilen der Frucht.

§. 177.

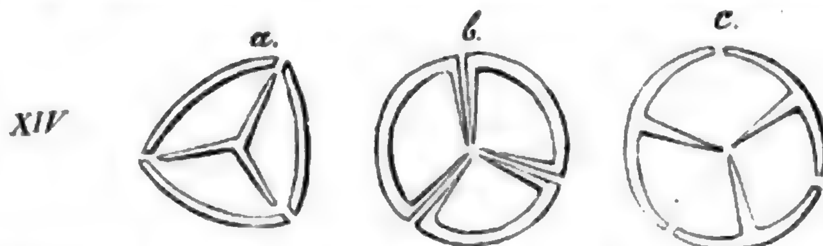
Die Fruchtschale (*pericarpium*) ist der umgeänderte Fruchtknoten (*germen*), zuweilen mit den übrigen stehenbleibenden Theilen des Stempels, Staubweg und Narbe, verbunden. Letztere sind selten von besonderer Bedeutung und ist von ihnen eben nur zu erwähnen, dass sie sich bis zu diesem Zeitpunkt erhalten haben (z. B. bei *Papaver*), oder ausgewachsen sind (z. B. *Pulsatilla*). Die Formen der Fruchtschale sind äusserst mannigfaltig, aber keiner allgemeinen Bestimmung fähig; häufig zeigen sich an ihr Haare, Stacheln, Warzen, hautartige Ausbreitungen (*alae*), vorspringende Rippen (*costae* oder *juga*) und deren Zwischenräume Thäler (*valleculae*) u. s. w.

Die Fruchtschale bestimmt wesentlich die verschiedenen Erscheinungsweisen der Früchte durch ihre verschiedenen Structurverhältnisse. Schon früher wurde erwähnt, wie verschiedenartig sich das Parenchym des Fruchtknotens entwickelt. Im einfachsten Falle finden wir an der reifen Fruchtschale ausser der Oberhaut beider Flächen nur eine gleichförmige Lage Parenchyms, ohne Gefässbündel (z. B. die niederen Aroideen), oder von wenigen einfachen Gefässbündeln durchzogen. In andern Fällen bleibt nur die Oberhaut der äusseren Fläche erkennbar, und das ganze Parenchym mit der Oberhaut der inneren Fläche ist fleischig oder saftig entwickelt (z. B. *Atropa*), oder unter der Oberhaut der äusseren Fläche sind einige Lagen Zellgewebes verholzt und die folgenden fleischig, in beiden Fällen noch immer häufig in den Fruchtbrei ohne Grenze übergehend. In vielen andern Fällen endlich lassen sich vier Schichten deutlich unterscheiden, die schon oben charakterisirt sind und die man seit *De Candolle* (welcher *L. C. Richard*, den Urheber der Eintheilung, völlig missverstand), von Aussen nach Innen zählend, äussere Fruchthülle (*epicarpium*), mittlere Fruchthülle (*mesocarpium*, auch Fleischhülle, *sarcocarpium*, oder Fleisch, *caro*) und die beiden inneren ununterschieden innere Fruchthülle (*endocarpium*) genannt hat. Am bedeutsamsten sind diejenigen Structurverschiedenheiten der Frucht, die im völlig ausgebildeten reifen Zustande die eigenthümlichen Trennungen der Continuität veranlassen. Wir erhalten hierdurch zwei grosse Classen aller Früchte, je nachdem in ihrem Bau eine Trennung in einzelne Theile bedingt ist oder nicht. Letztere kann man die beerenartigen, erstere die kapselartigen nennen. Diese aber theilen sich noch wieder in zwei Gruppen, je nachdem die Fruchtschale sich öffnet und die Saamen entlässt: Kapselfrüchte (*capsulae*) und ihre Theile Klappen (*valvulae*); oder nur in einzelne Theile zerfällt, die nicht weiter sich öffnend die Saamen fest umschliessen: Spaltfrüchte (*Schizocarpia*), ihre Theile Theilfrüchtchen (*mericarpia*). Die beerenartigen zerfallen wieder in drei Gruppen, je nachdem die inneren Schichten die derberen, festeren, die äusseren die fleischigern und saftigern sind: Steinbeeren (*drupae*); oder umgekehrt: ächte Beeren (*baccae*); oder endlich alle Schichten dünn und trocken, oder lederartig erscheinen: Schliessfrüchte (*achaenia*). Alle diese Formen können

je nach den Fruchtknoten, aus denen sie entstanden, ober- und unterständig, ein- oder mehrfächerig, ein- oder vielsaamig vorkommen, was aber nur dann zu bemerken ist, wenn durch Fehlschlagen Abweichungen vom Bau des Fruchtknotens entstanden sind, übrigens sich von selbst versteht.

a. Die Kapselfrüchte kommen bei den verschiedenartigsten Familien vor. Insbesondere ist die Art des Aufspringens (*dehiscentia*) zu betrachten; die einfachste Weise ist ein scheinbar ganz regelloses Zerreissen an irgend einer Stelle (z. B. *Nicandra*), gewöhnlich aber ist die Form des Aufspringens sehr regelmässig, wenn sie auch nur auf einen kleinen Theil beschränkt ist (*pericarpium poro dehiscens*), z. B. bei *Papaver*, *Antirrhinum* u. s. w.

Die Trennung der Continuität ist sonst entweder vertical oder horizontal. Im letzteren Falle bildet der obere Theil gleichsam einen Deckel auf dem untern, man nennt es umschnittene Kapsel (*capsula circumscissa*). Im erstern Falle zerfällt die Fruchthülle in mehr oder weniger getrennte Stücke. Man nennt dieselben Klappen (*valvulae*)*. Bei vielfächerigen Früchten können *a.* diese Klappen sich ganz von



den stehenbeibenden Scheidewänden ablösen, z. B. *Cobaea scandens* (*dehiscentia septifraga*), oder *b.* die Scheidewände spalten sich in zwei Lamellen und jede Klappe trägt an jedem ihrer Ränder eine solche Lamelle (*dehiscentia septicida, valvulae margine septiferae*), oder *c.* die Scheidewände bleiben ungetheilt auf der Mitte der Klappe haften (*dehiscentia loculicida, valvulae medio septiferae*). Bleibt bei einer dieser Arten (*b* und *c*) des Aufspringens eine stielförmige Zellgewebsmasse in der Axe der Frucht stehen, so heisst diese das Fruchtsäulchen (*columella*).

Aus dem Gesagten erhellet schon zur Genüge, dass alle diese Trennungen der Continuität nicht von ursprünglicher Zusammensetzung abhängig sind. Die gewöhnliche Botanik nimmt aber ein solches Verhältniss an und nennt deshalb die Linie im äussern Umfange der Fruchtschale, wo die Ränder angeblicher oder wirklicher Fruchtblätter unter einander verwachsen sind, mit einem selbst nach dieser Hypothese zur Hälfte sinnlosen Ausdrucke Rückennaht (*sutura dorsalis*), während Bauchnaht (*sutura ventralis*) nur die Linie bezeichnet, wo die Ränder eines und desselben wirklichen Fruchtblattes oder dem ähnlichen Theiles mit einander verwachsen sind.

Bei den meisten Kapselfrüchten sind die oben erwähnten vier Schichten der Fruchtschale zu unterscheiden, doch sind alle zusammen sehr dünn und häutig oder lederartig, seltner holzig.

b. Die Spaltfrüchte unterscheiden sich hauptsächlich nach der Richtung, in welcher die Theilung vor sich geht. Es geschieht nämlich entweder parallel mit der Axe der Frucht oder senkrecht auf dieselbe, d. h. durch verticale oder transversale Continuitätstrennungen. Bei beiden pflegen die einzelnen Theile dann einsaamig zu

* Zuweilen bleiben zwischen zwei Klappen derbe Zellgewebsstränge oben in der Narbe verbunden stehen (wie bei *Argemone*). Ich finde nicht, dass man hierfür schon einen eigenen Namen erfunden hätte.

sein; im ersten Falle nennt man sie zuweilen Körner (*cocci*) oder Theilfrüchte (*mericarpia*), im letztern Glieder (*articuli*), und unterscheidet sie wohl noch nach der Textur ihrer Schichten als trockene, lederartige oder saftige. Erstere (Theilfrüchte) sind den Familien der Rubiaceen, Euphorbiaceen, Labiaten, Borragineen, Geraniaceen, Tropaeoleen, Malvaceen, Umbelliferen u. s. w., letztere (Glieder) einigen Leguminosen und Cruciferen eigen. Bei ersteren kommt nicht selten auch ein Fruchtsäulchen (*columella*) vor.

c. Die Steinbeeren, bei Amygdaleen charakteristisch, aber auch in andern Familien vorkommend, verdanken ihre Eigenthümlichkeit der auffallenden Verschiedenheit in der Structur ihrer Schichten, und zwar der Parenchymschichten, von denen die innere fester, oft holzig, die äussere fleischig oder lederartig u. s. w., beide aber verhältnissmässig dick entwickelt sind.

d. Die ächte Beere, in den Familien der Grossularieen, Passifloreen, Cucurbitaceen, der Aroideen u. s. w. vorherrschend, einzeln in vielen andern Familien, beruht wesentlich auf der fleischigen oder saftigen Textur der inneren Schichten der Fruchtschale, oft bis zur Auflösung in einzelne saftreiche Zellen, während die äusseren Schichten derber, zuweilen selbst holzig sind (z. B. bei Lagenaria).

e. Die Schliessfrüchte, seltner mit unterscheidbaren, aber stets mit dünnen und trockenen Schichten, charakterisiren die Familien der Gräser, Cyperaceen, der Cupuliferen, der Compositen, Dipsaceen, sind vorherrschend bei den Dryadeen und Ranunculeen und sonst einzeln vorhanden. Sie sind gewöhnlich einfächerig und einsaamig, gewöhnlich ursprünglich, zuweilen (wie bei den Cupuliferen) durch Fehlschlagen von Fächern und Saamenknospen.

Ich glaube in der That, dass die angeführten fünf Ausdrücke für die Bezeichnung der Fruchtformen vorläufig völlig auslangen werden, wenn man erst einmal anfangen wird, die Wissenschaft in einer durchdringenden Erkenntniss des Pflanzenorganismus und nicht in elender gelehrtthuender Spielerei mit Anfertigung griechischer und lateinischer, classischer oder auch crass barbarischer Wörter zu suchen. Unten bei Aufzählung der Einzelnen, jetzt gebräuchlichen Wörter werde ich Gelegenheit genug zur Kritik haben. Hier will ich nur noch bemerken, dass oft selbst die Botaniker, die ein vortreffliches Fruchtsystem im allgemeinen Theil aufstellen, in der speciellen Bearbeitung der Pflanzen alle die schönen Wörter bei Seite liegen lassen und mit sehr wenigen Bezeichnungen auch vortrefflich auskommen, wodurch sie dann aber auch eingestehen, dass sie in der allgemeinen Behandlung der Fruchtlehre mit Leser oder Schüler nur ein unverantwortlich frivoles Spiel getrieben haben. Auf jeden Fall ist die Art und Weise, wie insbesondere die Franzosen die Nomenclatur vermehrt haben, ganz gegen alle Gesetze einer gesunden Terminologie. So Viele rühmen oder verdammen *Linné*, nennen ihn gross oder geistlos, und von Allen hat ihn Keiner verstanden, Keiner eingesehen, was er wirklich geleistet und wie er es erreicht. Es war der Kampf gegen die unsinnige, in lauter Substantivwörtern sich anhäufende Nomenclatur, den er begann und glücklich durchführte, wodurch er wie mit einem Zauberschlage Tausenden den Eingang in die vorher fast unzugängliche Wissenschaft öffnete. Ein zweiter *Linné* ist wahrlich sehr zu wünschen und wird gerade von solchen Leuten mit am meisten nothwendig gemacht, die vornehm selbstgefällig auf ihn herabsehen zu können glauben. Die Klügern bewundern wohl *Linné's* geniales Kunststück, aber fahren doch fort, getrost alle Tage neue Namen zu machen, weil sie nicht im Stande sind, aus dem vereinzelten Falle der Anwendung sich das allgemeine Princip zu abstrahiren. Hier, wie überall, kommt es aber darauf an, zunächst inductorisch die verschiedenen Gattungen der Naturbegriffe aufzufinden und diese allein sind dann mit Substantiven zu bezeichnen, ihre Arten aber durch beigefügte Adjective zu trennen,

— das fordert eine vernünftige Naturforschung und eine vernünftige Terminologie. Bei alle der Wortmacherei haben wir in der That gar nichts über die Früchte selbst erfahren: Botaniker, die mit 20 und 30 neuen griechischen Namen in jedem neuen Buche sich breit machen, sind oft so unwissend in dem eigentlichen Gegenstande ihrer Forschung, dass sie die Fruchtepidermis der Labiaten ein Saamenhäutchen nennen, die Querscheidewände von *Punica* vom Discus ableiten u. s. w., und mit einem Worte überall zeigen, dass ihnen das Studium der griechischen Sprache leider keine Zeit gelassen, Pflanzen gründlich zu untersuchen. Wir besitzen deshalb auch noch so wenig genaue Untersuchungen von Früchten, dass es noch lange dauern wird, bis unsere Kenntnisse davon nur einigermassen erträglich werden, und deshalb müssen wir um so mehr mit der geringsten Zahl von Ausdrücken uns begnügen, weil man doch ein Ding erst kennen muss, ehe man es wissenschaftlich benennt.

§. 178.

Die Natur des Saamenträgers (*spermophorum*) ist schon im Frühern ausführlich erörtert; hier ist nur Weniges noch nachzutragen. Zunächst ist zu bemerken, dass beim Aufspringen der Früchte sich vielfach auch Zellgewebsportionen von den Klappen oder Scheidewänden trennen, an denen die Saamen hängen bleiben und die man dann wohl Saamenträger genannt hat. Auch hier gilt, was von diesen Trennungen im Allgemeinen gesagt ist, dass dadurch bald wirkliche selbstständige Organe aus ihrer Verwachsung mit andern wieder frei werden (z. B. Cruciferen), bald Stücke von selbstständigen Organen sich abtrennen (z. B. bei den Asclepiadeen).

Ueber den Fruchtbrei (*pulpa*) ist auch schon gesprochen und bemerkt, dass er einerseits in das aufgelöste Zellgewebe der Saamenschale bei der ächten Beere (z. B. bei *Solanum*), andererseits in die Fortbildungsproducte des Knospenträgers, nämlich in den Saamenmantel, in weitester Bedeutung (bei *Arum*) und vielleicht in die ächten Saamenschalen (bei *Ribes?*) übergeht.

Der Knospenträger (*funiculus*) zeigt mannigfache Verschiedenheiten, die schon früher erklärt sind. Haare, warzenartige Ausbreitungen unter dem Saamen, häutige, continuirliche oder gelappte Ueberzüge des Saamens (Saamenmantel, *arillus*) u. dergl. m. Die Haare am Knospenträger bilden Eine Art des Saamenschopfes (*coma*), die andere ist eine Entwickelung der Saamenschale selbst an verschiedenen Stellen, am Knospenmunde oder am Knospengrunde. Die warzenähnlichen Ausbreitungen am Saamen werden *strophiola* oder *caruncula* genannt, dadurch aber auch mit ganz verschiedenen Dingen, z. B. dem Knospenmund, zusammengeworfen. Die Bildungen des Saamenmantels sind sehr mannigfach und besonders hinsichtlich der Farbe, Textur und des Zelleninhalts verschieden.

Alle hier erwähnten Verhältnisse sind schon in früheren Abschnitten erläutert worden, hier genügt es, noch einmal wieder im Zusammenhang auf sie aufmerksam zu machen.

§. 179.

Der wichtigste Theil der ganzen Frucht für die Oekonomie der Pflanze ist der Saame (*semen*), weil er die Keimpflanze, die bestimmt ist, die Art zu erhalten, umschliesst. Der Saame kann daher auch ganz frei, ohne Fruchtschale, vorkommen, wie bei den Cycadeen, Coniferen und Loranthaceen. Hier nimmt der Saame dann auch wohl den Schein einer Frucht an, z. B. einer geflügelten Schliessfrucht bei Abietineen, einer Beere bei *Viscum*, einer Steinbeere bei *Cycas* u. s. w.

Man unterscheidet am Saamen zwei Theile, die Saamenschale (*epispermium*) und den Kern (*nucleus*). Der Kern wird entweder allein von der Keimpflanze (*embryo*) oder von dieser und dem Saameneiweiss (*albumen*) gebildet. Als Regionen unterscheidet man am ganzen Saamen den Grund (*basis*), den Theil, mit welchem er befestigt ist, und die Spitze (*apex*), den freien, jenem gerade gegenüberliegenden Punkt. Nach dem Verhältnisse dieser beiden Theile wird die Lage des Saamens in der Frucht bestimmt. Man denkt diese als aufrecht, ihre Basis nach Unten, und nennt die Saamen, deren Spitze dann höher liegt als der Grund: aufrechte (*erecta*), wenn sie im Grunde der Fruchthöhle befestigt sind, aufsteigende (*adscendentia*), wenn sie von der Seitenwand sich erheben; Saamen, deren Spitze tiefer liegt als der Grund, heissen: hängende (*pendula*); liegen beide Punkte in gleicher Höhe, so heissen die Saamen: waagerechte (*horizontalia*), oder auch wohl unbestimmte (*vaga*); ist endlich die Linie vom Grunde des Saamens bis zur Spitze nicht der längste, sondern der kürzeste Durchmesser des Saamens, so heissen sie: schildförmige oder in der Mitte befestigte (*peltata, medio affixa*). An dem abgelösten Saamen heisst die Fläche, durch welche er mit dem Saamen- oder dem Knospenträger verbunden war, der Nabel (*hilus, umbilicus*).

Alle diese Ausdrücke sind freilich bei besserer Methode völlig überflüssig, da sich die Lage des Saamens nach der Lage der Saamenknospe von selbst versteht; da aber leider noch die allermeisten Bücher kaum bei Beschreibung des Familiencharakters, geschweige denn bei Schilderung einzelner Arten auf den Bau der Saamenknospe sich einlassen, so musste freilich Vorstehendes zum Verständniss unserer jetzigen Literatur hier noch angeführt werden.

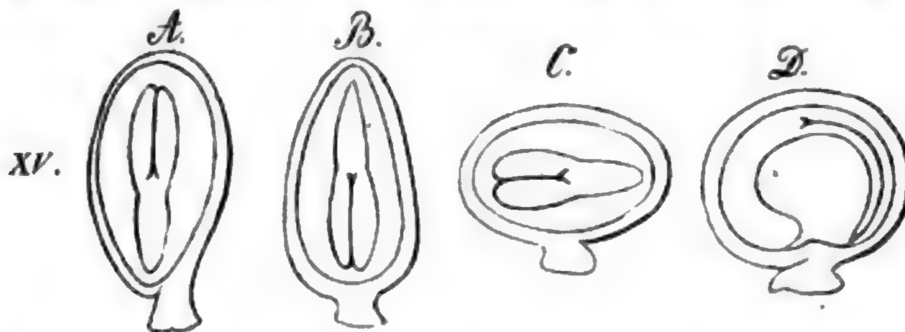
Die Saamenschale lässt, wie schon oben entwickelt, gar keine allgemeine Zurückführung auf die Knospenhüllen zu, und deshalb kann man im Allgemeinen nur von Einer Saamenschale sprechen und muss deren einzelne Zellenlagen (*strata*) näher charakterisiren, wenn für die bestimmte Art, Gattung oder Familie die Entwickelungsgeschichte noch nicht bekannt ist. Fast allgemein kann man zweckmässig die Saamenepidermis von der Substanz der Saamenschale unterscheiden. An ihrer Oberfläche beschreibt man Haare [büschelweise vom Saamenmunde oder dem Knospenmunde ausgehend als Schopf (*coma*)], Warzen, Stacheln, Rippen, Flügel u. s. w. und die Region der Saamennaht (*raphe*), des Knospengrundes (*chalaza*), des Knospenmundes (*micropyle*).

Der hergebrachte, völlig unanwendbare Schlendrian sagt, die Hülle des Saamens besteht aus zwei Hälften, der eigentlichen Saamenschale (*testa*, *lorica*, *spermodermis*, *tunica externa*) und der Innenhaut (*membrana interna*, *tunica interna*, *endopleura*, *tegmen*). Dabei ist dann die erste bald die äussere, bald die innere Knospenhülle, bald nur die Epidermis der einen oder andern; die zweite bald die äussere Knospenhülle, mit Ausschluss der Epidermis, bald die innere, bald die Kernhaut, und wenn die Epidermis der äussern Kernhaut saftig entwickelt ist, so hat *De Candolle* noch einen dritten Ausdruck, die Fleischhaut (*sarcodermis*), oder bald soll die äussere, bald die innere Saamenhaut fehlen. Natürlich ist denn auch endloser Streit, ob die Gefässe in der äussern oder innern Saamenhaut verlaufen und was dergleichen Verwirrung mehr ist, die aus der methodenlosen Art, die Sache zu behandeln, nothwendig entspringen muss. Es ist schon bemerkt worden, dass sich die einzelnen Zellenlagen der Saamenschale nur durch Verfolgen der Entwickelungsgeschichte im einzelnen Fall auf die Knospenhülle zurückführen lassen; wo dass noch nicht geschehen, muss man sich damit begnügen, die einzelnen, etwa zu unterscheidenden Zellenlagen ohne weiteres Herumrathen über ihren unbekannten Ursprung zu charakterisiren.

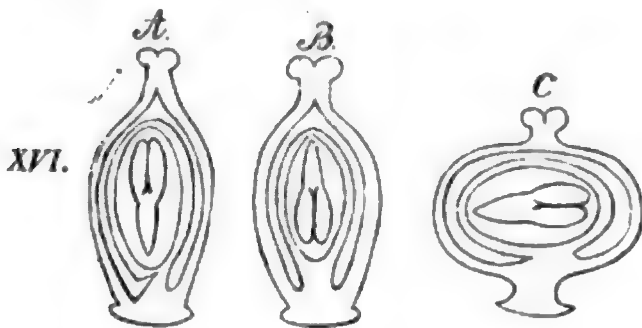
Das Saameneiweiss (*albumen*) ist entweder Endosperm oder Perisperm und seiner Textur nach fleischig, hornartig u. s. w.; wenn von braunen, halb zerstörten Lappen der in seine Substanz hineinragenden Saamenschale durchsetzt, marmorirt (*ruminatum*); seinem Inhalte nach mehlig, ölig u. s. w.

Die Keimpflanze (*embryo*) ist ein-, zwei-, vielsaamenlappig, gerade, gekrümmt, spiralig u. s. w., vom Saameneiweiss eingeschlossen, an dessen Spitze (gewöhnlich falsch Basis genannt) liegend oder das Saameneiweiss kreisförmig umfassend (*embryo periphericus*, *albumen centrale*) u. s. w. Ihre Lage im Bezug zum Saamen ist unabänderlich so bestimmt, dass die Spitze des Würzelchens dem Knospenmunde zugekehrt ist. Durch dieses Gesetz ist die ganze frühere weitläufige Terminologie zwar völlig entbehrlich geworden, wird aber fortwährend beibehalten. Sie ist doppelt:

1. Nach *L. C. Richard:* Der Saame, auf seiner Basis aufrecht gedacht, hat *A.* einen *embryo orthotropus* oder *erectus*, wenn die Wurzel nach der Basis ge-



richtet ist; *B.* einen *embryo antitropus* oder *inversus*, wenn sie nach der Spitze zeigt; *C.* einen *embryo heterotropus* oder *vagus*, wenn sie eine mittlere Richtung hat, und endlich *D.* einen *embryo amphitropus*, wenn der Embryo kreisförmig gebogen im Saamen liegt.



2. Die ältere und noch häufig benutzte Terminologie dagegen bezieht die Ausdrücke auf die unveränderte Lage des Saamens in der aufrecht gedachten Frucht und spricht von *A. radicula infera*, wenn sie der Basis der Fruchthülle, *B. radicula supera*, wenn sie der Spitze derselben, und *C. radicula vaga*, wenn sie den Seitenwandungen zu gerichtet ist.

Die Formen des Embryo selbst endlich sind schon oben zur Genüge entwickelt worden.

---

2. Von den accessorischen Organen an der Frucht.

§. 180.

Die ausser dem Fruchtknoten vorhandenen Blüthentheile bleiben zum Theil bis zur reifen Frucht stehen, verändern sich oft, insbesondere hinsichtlich ihrer Textur, die namentlich nicht selten fleischig wird, und so nehmen sie zuweilen den Schein von Fruchtformen an, Scheinfrüchte (*fructus spurii*). Als Beispiele bieten

sich hier der Blüthenstengel (bei *Ficus*), der Blüthenstiel (bei *Hovenia dulcis*), das Deckblatt (bei *Ananassa*), die Blüthenhülle (bei *Morus*), der Kelch (bei *Cucubalus baccifer*), die Blumenkrone (bei *Mirabilis*), die Scheibe (bei *Rosa*), der Fruchtknotenträger (bei *Fragaria*) an.

Aehnlich der engen Verbindung, in welcher Kelch, Blumenkrone u. s. w. zu den übrigen Organen der Blüthe stehen, treten auch die von den nähern (Kelch, Blumenkrone, Blüthenhülle, Scheibe, Fruchtknotenträger u. s. w.) oder entferntern (Blüthenstiel, Hüllkelch, Deckblättchen, Deckblätter, Blüthenstengel u. s. w.) Blüthentheilen bis zur Fruchtreife stehenbleibenden oder sogar sich weiter entwickelnden Organe mit der Frucht in nähere Beziehung. Schon oben sind die verschiedenen Gesichtspunkte, unter denen diese Verhältnisse sich gestalten, entwickelt. Auch hier sind die Structurverhältnisse wichtig, indem oft die heterogensten Theile Umänderungen erleiden, die sie irgend einer Form der wirklichen Früchte ähnlich erscheinen lassen. Wir finden hier selbst an solchen Theilen die Entwickelung der an der Fruchthülle vorkommenden vier Schichten zuweilen in ähnlicher Weise ausgesprochen, z. B. an der Blüthenhülle von *Elaeagnus*. Da wo einfach der Kelch grün auswachsend, häutig oder dünn holzig werdend, stehen bleibt, hat man keine Rücksicht darauf genommen und sagt einfach *fructus calyce tectus*, oder auch schon bei der Blüthe *calyx persistens;* wenn dagegen eine andere Texturveränderung eintrat und besonders diese accessorischen Theile die eigentliche Frucht einhüllten, machte man eine eigene Fruchtform daraus und der Kunstausdruck war bald gefunden, wobei man dann mit doppelter Inconsequenz z. B. die fleischig veränderten Organe zu Fruchtarten machte (den Blüthenstengel von *Ficus*), die andersartig veränderten aber nicht (den Blüthenstengel von *Urtica*); dann aber wieder einige der fleischig veränderten doch wieder als das beschrieb, was sie in der That sind, z. B. den fleischigen Blüthenstiel von *Anacardium*, den Niemand als eine besondere Fruchtform aufgestellt hat. Die gesammte hieraus entstandene Terminologie ist überflüssig, denn bei Beschreibung der Blüthe muss ohnehin der fernere Entwickelungsgang angedeutet werden, wenn ein Verständniss der Frucht möglich sein soll, und so gut wie man sagt *calyx persistens*, kann man z. B. bei *Morus* sagen *perianthium demum carnosum . . . fructus achaenium*, wodurch die Sache klarer und einfacher bezeichnet ist, als durch ein neues, völlig überflüssiges Kunstwort »*sorosis*«, welches durchaus nur für dieses eine Genus gelten kann, denn bei der Masse von nichtigen Unterschieden, die man mit besonderen Worten bezeichnet, ist's doch eine über alle Beschreibung lächerliche Inconsequenz, die Frucht von *Ananas* eine unterständige, dreifächerige Beere, von *Morus* ein zweifächeriges (?), durch Fehlschlagen einfächeriges dünnwandiges *Achaenium* und von *Artocarpus* einen ursprünglich einfächerigen häutigen Schlauch mit Einem Ausdruck zu bezeichnen.

Für diejenigen, welche Frucht als die ganze Blüthe zur Zeit der Saamenreife definiren, steht die Sache keineswegs besser; was ich hier tadle, ist nämlich nur die principlose Inconsequenz und Unwissenschaftlichkeit; denn wenn man die Frucht von *Morus*, *Ananassa* und *Artocarpus* wegen des *perianthium demum carnosum* in eine besondere Art zusammenbringt, muss man die Frucht von *Hyoscyamus*, *Nicandra*, *Physalis* und *Atropa* wegen des *calyx persistens demum lignoso-membranaceus* auch in eine Art zusammenwerfen, was Niemand einfallen wird.

---

3. Aufzählung der verschiedenen Fruchtformen.

§. 181.

I. **Nackter Saamen** (*semen nudum*).

A. Einzelne Saamen.

1. ***Bacca****, unterständiger Saamen, z. B. *Viscum*.
2. *Sphalerocarpium*, Saamen mit fleischigem Arill, z. B. *Taxus*.

B. Saamenstände.

3. ***Strobilus***, Aehre mit holzigen Saamenträgern, z. B. *Pinus*.
4. ***Galbulus***, Köpfchen mit verwachsenen fleischigen Deckblättern, z. B. *Juniperus*.

II. **Einfache Früchte** (*fructus simplex*).

A. Kapsel (*capsula*).

†) Oberständig.

5. ***Capsula circumscissa***.
6. ***Utriculus Gaertner***, wie Nr. 5, einfächerig, aus einem Fruchtblatt entstanden, wenigsaamig, z. B. *Chenopodium*.
7. *Pyxidium*, Nr. 5, ein- oder mehrfächerig, aus mehreren Fruchtblättern entstanden, vielsaamig, z. B. *Hyoscyamus*.
8. ***Folliculus***, einfächerig, vielsaamig, einklappig, Saamen an beiden Klappenrändern, z. B. *Paeonia*.
9. *Conceptaculum*, zwei unverwachsene *folliculi* mit je einem sich lösenden Saamenträger, z. B. *Asclepias*.
10. ***Legumen***, einfächerig, ein- bis vielsaamig, zweiklappig, Saamen an zwei Klapprändern einer Spalte, z. B. *Pisum*.
11. ***Siliqua***, zweifächerig, zweiklappig sich von den stehenbleibenden, die Scheidewand bildenden Saamenträgern (*replum*) ablösend, z. B. *Matthiola*.
12. ***Silicula***, eine sehr kurze *Siliqua*, z. B. *Thlapsi*.
13. *Ceratium*, eine *Siliqua* bei einigen Fumariaceen und Papaveraceen.
14. *Rhegma*, elastisch zweiklappig (?) von einer *columella* abspringend, z. B. *Euphorbia*.
15. ***Capsula***, ein- oder vielfächerig, vielsaamig mit Klappen aufspringend oder mit Löchern, *Primula*, *Antirrhinum*.

††) Unterständig.

16. *Diplotegia Desvaux*, unterständige Kapsel mit Poren aufspringend, z. B. *Campanula*.

B. Spaltfrucht (*Schizocarpium*).

17. *Cremocarpium* (?), bei Umbelliferen, Rubiaceen.
    a. Theilfrüchtchen (*mericarpia*), die einzelnen Stücke der Spaltfrucht.
18. *Carcerulus*, bei Tropaeoleen, Malveen.
19. *Achaenium*, z. B. bei Borragineen, Labiaten.

C. Steinbeere (*drupa*).

20. *Drupa*, ursprünglich einfächerig, ein- bis zweisaamig, das *mesocarpium* fleischig, das *endocarpium* holzig, z. B. *Amygdalus*.
21. *Tryma* (angeblich) durch Fehlschlagen einfächerig bei *Juglans*.

---

* Die durchschossen gedruckten Namen sind so ziemlich allgemein im Gebrauch.

D. Beere (*bacca*).

22. *Bacca*, mehrfächerig, unterständig, z. B. *Ribes*.
23. *Nuculanium*, mehrfächerig, oberständig, z. B. *Vitis*.
24. *Pepo*, einfächerig, unterständig, z. B. *Pepo*.
25. *Hesperidium*, lederartig von der *Pulpa* scharf abgesetzt, z. B. *Citrus*.
26. *Amphisarca*, nach Aussen holzig, z. B. *Crescentia*.

E. Schliessfrucht (*Achaenium*).

27. *Achaenium* (*auctorum*), *cypsela* (*Lindley*), einfächerig, einsaamig, nicht mit dem Saamen verwachsen, z. B. *Compositae*.
28. *Glans*, durch Abort einfächerig, einsaamig, z. B. *Corylus*.
29. *Caryopsis*, einfächerig, einsaamig, (angeblich) mit dem Saamen verwachsen, z. B. die Gräser.
30. *Samara*, zweifächerig, geflügelt, z. B. *Acer*.
31. *Carcerulus*, mehrfächerig, ungeflügelt, z. B. *Tilia*.

III. Mehrfache Frucht (*fructus multiplex*).

A. Mehrere Achänien.

32. *Etaerio*, wenn ganz frei, z. B. *Ranunculus*.
33. *Syncarpium*, wenn zusammenhängend, z. B. *Magnolia*.

B. Mehrere Beeren.

34. *Etaerio*, zusammenhängend, z. B. *Rubus*.

IV. Fruchtstände (*fructus compositus*).

A. Köpfchen mit flachem oder becherförmigem, fleischigen Blüthenstengel.

35. *Syconus*, z. B. *Ficus*, *Dorstenia*.

B. Aehre mit fleischigen Deckblättern und Blüthenhüllen.

36. *Sorosis*, z. B. *Ananassa*, *Morus*.

C. *a*. Aehre mit holzigen Deckblättern.

37. *Strobilus*, z. B. *Betula*.

b. Aehre mit holzigen Deckblättern und Blüthenhüllen.

38. *Strobilus*, z. B. *Casuarina*.

V. Scheinfrucht (*fructus spurius*).

39. *Cynarhodon*, freie, einsaamige Achänien von fleischigem Discus umgeben, z. B. *Rosa*.
40. *Pomum*, mehrsaamige Achänien in einem Kreise mit dem fleischigen Discus verwachsen, z. B. *Malus*.
41. *Balausta*, mehrsaamige Achänien, in zwei Kreisen mit dem fleischigen Discus verwachsen, z. B. *Punica*.
42. *Diclesium*, Achänien, in eine verhärtete Blüthenhülle oder Blumenkrone eingeschlossen, z. B. *Spinacia*, *Mirabilis*.
43. *Sphalerocarpium*, Achänien, im steinbeerähnlichen Perianthium eingeschlossen, z. B. *Hippophae*.

Ich will mit dem im Paragraphen Gegebenen keine vollständige Aufzählung aller jemals vorgeschlagener Fruchtnamen gegeben haben; vielen geschähe selbst zu viel Ehre, wenn man sie auch nur nennte, um sie zu verwerfen. Ich habe hier nur die gebräuchlichen und von wenigstens einem bedeutenden Botaniker (ausser ihren Urhebern) angeführten Ausdrücke beispielsweise aufgeführt, einmal, um zu zeigen, wie sie sich den von mir zur Zeit für völlig genügend erachteten unterordnen, theils um Anfänger wenigstens mit den allgemeiner angenommenen Worten bekannt zu machen, theils um einige kritische Bemerkungen über die ganze Lehre von den Fruchtformen

daran knüpfen zu können. Zunächst will ich in einem kurzen Abriss darzustellen suchen, wie sich die Sache historisch gemacht hat, denn nur daraus ist zum Theil die gänzliche Unzulänglichkeit dieser Lehre zu begreifen.

Neben den Ausdrücken des gemeinen Lebens, die bestimmte nützliche Früchte theils nach äusseren, leicht auffallenden Verschiedenheiten, theils nach Verschiedenheit der Pflanzen mit verschiedenen Namen bezeichneten und von denen die selbst noch unwissenschaftliche Wissenschaft einige auffasste, bildete sie schon früh eigene Bezeichnungen, deren sie nothwendig bedurfte, um Dinge zu benennen, für welche die Sprache des gemeinen Lebens natürlich keinen Ausdruck hatte, weil sie dem Leben nicht unmittelbar dienten. So nannte man kleine saftige Früchte ohne Unterschied Beeren, aber *malus* und *pyrus* unterschied man als Apfel und Birne; Apfel, als Fruchtart, ist nie Sprache des Lebens gewesen. Ausdrücke wie *acinus*, *pilula*, *folliculus* u. s. w., die man bei den Schriftstellern vor *Linné* findet, waren niemals im Leben gebräuchlich. Bis dahin war an keine wissenschaftliche Bearbeitung des allgemeinen Theils der Botanik zu denken gewesen, schematisch waren die Fruchtformen aufgefasst und so ungefähr beschrieben. *Linné* gab zuerst Definitionen und eine aus übersichtlicher Betrachtung der ihm bekannten Verhältnisse abgeleitete Anordnung. Er schied die Frucht (*fructus*) vom Saamen (*semen*) und fasste unter den letztern auch alle einsaamigen Theil- und Schliessfrüchte zusammen. Die erstern trennte er nach ihrer Zusammensetzung aus verschiedenen Theilen und ihren Structurverhältnissen, wobei er aber viel zu viel dem gemeinen Sprachgebrauche nachgab und so Eintheilungen von sehr ungleichem Werthe erhielt. Es fehlte ein richtiges Theilungsprincip, und bei seiner mangelhaften Kenntniss der Entwickelungsgeschichte der Frucht konnte er ein solches auch durchaus nicht finden. Auf ihm wurde später fortgebaut und völlig unhaltbar, weil der einzig sichere Grund, die genaue Kenntniss des unbefruchteten Fruchtknotens, allen Botanikern abging. Der Mangel einer aus sichern Inductionen abgeleiteten Eintheilung in Classen, Ordnungen, Geschlechter und Arten machte sich fortwährend geltend. *Linné* hatte seine Fruchtformen als homologe Glieder neben einander gestellt; der erweiterte Umfang der Kenntnisse des Materials machte jene Formenzahl unzureichend und man stellte, so wie neue eigenthümliche Erscheinungen vorkamen, neue Formen mit neuen Namen daneben, ohne sich weiter um die Grundlage zu bekümmern. Dieser Vorwurf trifft besonders auch den gründlich das Einzelne untersuchenden *Gärtner*, den sehr oberflächlichen *Willdenow*, den immer nach einzelnen zufälligen Einfällen arbeitenden *Link*. Hierbei hat *Link* allerdings, wie so oft in seinen flüchtigen Einfällen, einen ganz richtigen Gedanken; aber wie gewöhnlich fehlt es ihm auch hier an wissenschaftlichem Ernst, um ihn gründlich zu verarbeiten. Er sagt, man habe einen sehr falschen Weg eingeschlagen, indem man so viele neue Worte für einzelne Unterschiede der Frucht gemacht, da man wohl einzelne verschiedene Organe, aber nicht ihre Modificationen mit besondern Worten bezeichnen dürfe. Nichtsdestoweniger nimmt er die ganze alte Nomenclatur, die, in Bezug auf die Menge der wirklichen Verschiedenheiten, zum Theil sehr unwesentliche Modificationen bezeichnet, auf und fügt noch ein neues Wort hinzu. In der zweiten Ausgabe seiner *Phil. bot.* (*Vol. II.* 253) sagt er: *Linné*, *Gärtner* und *Richard* hätten mit ihrer Terminologie so viele gute Fruchtbeschreibungen geliefert, dass er sich aller neuen Kunstausdrücke enthalten wolle, und nur *amphispermium* als Collectivwort für *achaenium* und *caryopsis* hinzufüge. Nichtsdestoweniger bildet er für *caryopsis* einen ganz neuen Begriff, nennt die alte *caryopsis seminium*, macht nach gar nicht existirenden Merkmalen von der neuen *caryopsis* abermals zwei Arten und nennt die eine *carpelletum*. Ausserdem spricht er nur von *capsula*, *pomum*, *legumen*, von allen übrigen Fruchtarten ist nicht weiter die Rede, auch wird nicht etwa angegeben, wie die aufgeführten Ausdrücke auf *siliqua*, *drupa*, *bacca*, *hesperidium* u. s. w. anzuwenden seien; da mag Jeder selbst zusehen, wie er fertig wird. Erst *L. C. Richard* (*Analyse du fruit*, *Paris* 1808) und später *De Candolle* (*Or-*

ganographie végétale, *Paris* 1827) versuchten, die indess gesammelten Kenntnisse vom Bau des Fruchtknotens benutzend, mit etwas mehr philosophischem Geiste der Sache eine Grundlage zu geben. Aber auch sie blieben in den Banden des Herkömmlichen und liessen so eine Menge untergeordneter Verhältnisse als homologe Glieder neben grossen Hauptabtheilungen stehen. *L. C. Richard* unterschied zuerst an der Fruchthülle jene oben erwähnten vier Schichten, nämlich das *epicarpium* und *endocarpium* als äussere und innere Epidermis und das *mesocarpium* als Parenchym zwischen beiden; von diesem letztern, fügt er hinzu, sondert sich oft eine Lage ab, welche den Stein bei den Steinbeeren u. s. w. bildet. Er unterschied also diese Lage genau vom *endocarpium*, weil seine Unterscheidung auf genauer Beobachtung beruhte. *De Candolle* aber verwirrte die ganze Sache wieder, weil er eine angebliche Theorie hineinbrachte, und jene drei Schichten auf die Schichten des Blattes zurückführen wollte, denen er aus mangelhafter Kenntniss des Baues derselben auch drei und nur drei Schichten zuschrieb. So machte er das *endocarpium* zur dritten innern Schicht und vermengte damit *Richard's endocarpium*, die verholzte Lage von *Richard's mesocarpium* ganz übersehend. So wurde aus angeblichen Theorien ohne Beobachtung eine vortreffliche Beobachtung in eine grosse Confusion verkehrt. Aehnlich ging es *De Candolle* mit *Richard's* Terminologie für die Richtung des Embryo, die er gänzlich missverstand und in Folge dessen dem fast viertelzolllangen, doch wahrlich leicht zu beobachtenden Embryo von *Ceratophyllum* eine *radicula supera* zuschrieb. *De Candolle* ging zwar von dem ganz richtigen Grundsatz aus, dass man die Frucht aus dem Bau des Fruchtknotens erklären müsse, aber in der Anwendung wurde wieder Alles schief, weil er den Bau des Fruchtknotens selbst nicht verstand. Er so wenig, wie irgend einer seiner Nachfolger hatte philosophische Bildung genug, um sich vom einzelnen concreten Falle das allgemeine Gesetz zu abstrahiren, und es lag doch so nahe, wenn man einsah, die Frucht ist nicht zu verstehen ohne Entwickelungsgeschichte, das auch consequent auf den Fruchtknoten anzuwenden. Aber da kam die grosse Klippe; das hätte mikroskopische genaue Untersuchungen erfordert und das war zu unbequem. Mit der flüchtigen Betrachtung einiger Monstruositäten und Ausspinnung einer hübschen Fiction kam man schneller zum Ziel; so entstand das Vorurtheil, jeder Fruchtknoten müsse aus Blattorganen zusammengesetzt sein, und damit war jede richtige Behandlung der Lehre abgeschnitten.

Später haben *Mirbel, Desvaux* und *Dumortier* grössere Fruchtsysteme geliefert, aber gottlob ohne dass ihre meist barbarischen Worte in der Wissenschaft Eingang gefunden hätten. Nur *Lindley* hat sich bemüht, einen Theil derselben zum Theil mit neuen Definitionen festzuhalten. Aber auch er ist so vernünftig, in der practischen Anwendung, z. B. in seinem natürlichen System, den ganzen in der That auch völlig entbehrlichen Namenwust aus dem Spiele zu lassen. Einige wenige Ausdrücke sind von *Endlicher* in neuerer Zeit wieder gebraucht, im Ganzen findet man aber bei den meisten und besten Schriftstellern keine andern Ausdrücke, als die im Paragraphen cursiv gedruckten. Ueberblicken wir so den gewonnenen Schatz und die Anwendung, die wir davon machen, so müssen wir gestehen, dass wir noch immer Sclaven der Sprache des gemeinen Lebens sind, indem fast kein Kunstausdruck feststeht, als die aus dem Leben aufgenommenen. Alles Uebrige daneben ist schwankend oder ohne Princip und Consequenz. Die so mannigfach verschiedenen Kapseln, nach Fächer- und Saamenzahl, nach Bildung der Scheidewände, Befestigungsweise des Saamens, ober- und unterständig, mit der verschiedensten Art des Aufspringens, nennen wir Kapsel, aber blos dem gemeinen Leben zulieb unterscheiden wir Schote, Balgfrucht und Hülse nach den unbedeutendsten Merkmalen. Für den merkwürdigen Bau von *Hovenia dulcis* und *Anacardium* haben wir kein eigenes Wort, aber die Feige bekommt einen eigenen Titel, weil sie auf die Tische der Reichen kommt. *Utriculus, achaenium, caryopsis* unterscheiden sich nach den unbedeutendsten Merkmalen, die Palmen aber haben Beeren und Steinbeeren, und darunter vereinigt man die Cocosnuss, die Dattel

und die Frucht der *Sagus* und *Lepidocarya*. Jeder nur einigermaassen unterrichtete Botaniker muss bei geringem Nachdenken über die Unzulänglichkeit der Terminologie erschrecken, wenn man fortfahren will, solche Unterschiede wie etwa zwischen *utriculus*, *achaenium* und *caryopsis* mit besondern Worten zu bezeichnen. Auch liefert die obige Anordnung der Kunstausdrücke noch genügende Gelegenheit zu solchen Bemerkungen. Welche himmelweit verschiedene Sachen z. B. werden mit dem Ausdruck *strobilus* bezeichnet. Von der oberständigen Kapsel hat man, oft nach den unbedeutendsten Unterschieden, neun Arten, von der unterständigen nur eine, die noch dazu von Niemand besonders bezeichnet wird. *Folliculus* und *legumen* unterscheiden sich einzig durch das Aufreissen der Rückennaht beim letzten; aber der wesentlichste Unterschied, ob eine Kapsel überhaupt regelmässig aufreisst oder ganz unregelmässig, wie z. B. bei *Nicandra*, ist völlig vernachlässigt. Eine vollkommen unterständige Frucht (bei Compositen) wird so gut *achaenium* genannt, als ein aus einem halben Fruchtblatte gebildetes Viertel einer oberständigen Frucht (bei Borragineen). — *Drupa* und *tryma* unterscheiden sich einzig durch die Unwissenheit dessen, der den letzten Namen aufstellte, denn bei *Juglans* ist nie auch nur eine Andeutung eines zweiten Faches vorhanden, auch ganz unmöglich bei der einzigen basilaren Saamenknospe. *Nuculanium* ist ein Wort, welches blos durch ein Missverständniss eingeführt ist. *L. C. Richard* nannte *nuculanium* eine *drupa*, die mehrere, je einen Saamen einschliessende Steine enthält, weil er bei den Beeren mit sehr harten Saamen glaubte, es müsse noch ein Ueberzug des Pericarpium zur Saamenschale hinzugekommen sein. Aber wie Viele studiren *L. C. Richard*? Wie es scheint, nicht einmal sein Sohn, der dem Ausdrucke *nuculanium* die Bedeutung einer oberständigen Beere beilegt. An oberständig und unterständig hatte *L. C. Richard*, wie die von ihm gegebenen Beispiele zeigen, gar nicht gedacht. Indess der Name war einmal da, und *A. Richard* wendete ihn auf die oberständige, *Lindley* auf die unterständige Beere an, während man sonst bei den wenigsten Früchten oberständige und unterständige unterscheidet. Dieses mag genügen, nicht um die Kritik der vorliegenden Fruchtlehre zu vollenden, sondern nur an einigen Beispielen zu zeigen, wie gerecht auch der gänzlich verwerfende Tadel ist. Man vergleiche auch noch die übereinstimmenden Aussprüche von *H. v. Mohl* (botanische Zeitung 1843. S. 3).

Nächst dem Vorrath dieser Kunstworte, ist aber auch die Anwendung derselben in Betracht zu ziehen. Neben der Sprache des gemeinen Lebens, die gerade wissenschaftlich höchst unwichtige Unterschiede festhält, haben die Botaniker nach und nach einige Ausdrücke eingeführt, wie sie oben genannt sind. Bei der Anwendung von Feige und Apfel greift nun allerdings nicht leicht Jemand fehl, da ihm die Ausdrücke schon mit den ersten jugendlichen Genüssen geläufig werden; aber wie steht's mit den andern, die recht eigentlich der Wissenschaft angehören? Eine nur rasch herausgegriffene Beispielsammlung mag zeigen, wie es darum steht. Die Gräser haben nach *Endlicher* u. A. eine *caryopsis*, nach *Link* ein *seminium*, nach *Reichenbach* eine *nucula*, die Cyperaceen nach *Koch* eine *nux*, *Endlicher* — *caryopsis*, *Kunth* — *achaenium*, *Reichenbach* — *nucula*, *Link* — *carpelletum*; die Labiaten und Borragineen nach *Endlicher* u. A. *achaenia*, *Lindley* — *nuces*, *Reichenbach* — *capsula*, die Labiaten nach *Link* ein *carpelletum*, die Borragineen nach *Link* eine *caryopsis*; die Ranunculaceen haben nach *Link* ein *carpelletum*, nach *Koch* — *carpellum nucamentaceum*, *Lindley* — *nux* oder *caryopsis*, *Endlicher* — *achaenia*, *Reichenbach* — *carpidia*; die Umbelliferen haben nach *Koch* u. A. 2 *mericarpia*, *Link* — 2 *achaenia*, *Lindley* — 2 *carpella*, *Endlicher* — 2 *carpidia*, *Reichenbach* — 2 *drupas*. Ich dächte, das wäre völlig genug, um den trostlosen Zustand, in welchen unsere Wissenschaft versunken ist, auch dem blindesten ihrer Verehrer grell genug vor Augen zu stellen. Dass hier die Eitelkeit des Einzelnen, die eine eigene Meinung über irgend einen, auch noch so untergeordneten Punkt um so weniger dem allgemeinen Besten zum Opfer bringen will, je mehr sie sich im Stillen bewusst ist, weder Lust noch

Geschick zu haben, etwas wahrhaft Tüchtiges in der Wissenschaft zu leisten, — dass dieser Fluch, der besonders die Botaniker heimgesucht, auch einen Theil an einer solchen Anarchie haben mag, will ich nicht ganz in Abrede stellen, aber die meisten der genannten Männer stehen an der Spitze der Wissenschaft, und so darf man dreist aus solchen Thatsachen schliessen, dass die faule Stelle nicht im Einzelnen und in seiner Individualität, sondern in der schiefen Stellung zu suchen sei, welche durch mancherlei historische Verhältnisse die ganze Wissenschaft eingenommen hat, so dass allerdings der Einzelne, als Träger derselben *bona fide* auf solchem Wege fortgehend, nicht zu tadeln ist.

Ich glaube, dass vorläufig neben der richtigen Bezeichnung der nackten Saamen und der Fruchtstände und der richtigen Unterscheidung und Charakterisirung der Scheinfrüchte die von mir gegebenen fünf Fruchtarten (A—E) völlig ausreichen werden, um das Wenige zu bezeichnen, was noch zu bezeichnen ist, wenn eine bessere und gründlichere Methode, als die bisherige, die genaue Darstellung des Fruchtknotens und die Angabe des Eigenthümlichen in seiner Entwickelungsgeschichte vorangehen lässt. Die meisten Verhältnisse, die man bisher durch verschiedene Kunstausdrücke bei den Früchten zu bezeichnen gesucht hat, gehören nothwendig schon der Beschreibung des Fruchtknotens an, und es ist also eine zeitvergeudende Weitläufigkeit, sie bei den Früchten noch einmal zu wiederholen, wenn keine Veränderungen eingetreten sind. Was als neu und eigenthümlich für die Früchte hinzukommt, sind die Structurverhältnisse und die auf denselben beruhenden Verschiedenheiten des Aufspringens. Erstere sind genügend vollständig mit nur vier Ausdrücken bezeichnet, letztere hat man ohnehin bisher zum grössern und wesentlichen Theil richtig mit adjectiven Kunstwörtern bezeichnet, und man kann dreist in den wenigen Fällen, wo man, inconsequent genug, dem Leben zu gefallen es anders gemacht hat, die betreffenden Substantive ausmerzen.

Zum Schlusse dieser gesammten morphologischen Betrachtung will ich noch einmal mein *Ceterum censeo* aussprechen: Ohne Studium der Entwickelungsgeschichte giebt es keine Wissenschaft der Botanik.

Viertes Buch.

Organologie.

§. 182.

Die Organologie umfasst die Lehre von dem Leben der ganzen Pflanze als solcher und ihrer einzelnen Organe. Leben ist Thätigkeit der der Materie inhärirenden Kräfte in der Weise, wie sie sich, gebunden an die bestimmte Form der Pflanze, als Pflanzenleben äussern. Von allen Disciplinen der botanischen Wissenschaft ist die Organologie am unvollendetsten und kaum in ihren ersten Anfängen begriffen. Es bleibt daher ein grosses Feld des noch Unerklärten der Erscheinungen, die wir nur deshalb als ein Ganzes auffassen, weil wir noch zu unwissend sind, um sie auf die einzelnen mitwirkenden Kräfte, aus deren Combination sie hervorgingen, zurückführen zu können. Diese uns unbekannte Region bezeichnen wir mit dem Worte Leben oder, bestimmter, organisches Leben, und nennen den ganzen Complex der Ursachen Lebenskraft. Diese ist also einmal nur negativ begrenzt und zweitens eben als vorläufiger Ausdruck für das zur Zeit noch Unerklärte bestimmt, kann also selbst niemals als Erklärungsgrund in unserer Wissenschaft vorkommen.

Man bezeichnet das Leben der Pflanze aber auch wohl zweitens, im Gegensatze zu dem Leben der (höheren) Thiere, mit dem Ausdrucke vegetatives Leben. Dieser Unterschied ist im höchsten Grade vag und bezieht sich, wo er angewendet wird, vorzugsweise auf die Bildung und Ausbildung der Formen und auf den chemischen Process. In diesem letztern zumal tritt uns dann häufig eine gewisse Periodicität entgegen, indem der chemische Process bald rascher vorschreitet (bei der wachsenden Pflanze im Sommer, oder in der Regenzeit der Tropen), oder sehr langsam vor sich geht bis zum scheinbaren Stillstand (in Spore und Embryo, im Winter, oder in der dürren Jahreszeit der Tropen).

Schon in der Einleitung §. 2 habe ich bestimmt entwickelt, was ich unter Leben verstehe und muss hier darauf verweisen.

Nach einer dunkeln Tradition unterscheidet man wohl in der thierischen Physiologie das animalische Leben vom vegetativen Leben und macht dann, da in der That bei der mangelhaften Kenntniss beider eine wissenschaftlich zu rechtfertigende Grenzlinie unmöglich ist, eine beliebige und willkürliche Erklärung dazu. Den Meisten schwebt mehr oder weniger deutlich, wenn sie von vegetativem Leben, Vegetation u. s. w. reden, der chemische Process vor, der unorganische Stoffe in organische verwandelt, verbunden mit der Bildung und Entwickelung neuer Formen, insbesondere neuer Elementartheile. Dass das Leben der Pflanze sehr viel mehr umfasst, als diese beiden Momente, versteht sich von selbst, aber die übrigen Processe sind erstens nicht sogleich in die Augen fallend und zweitens nicht so offenbar abhängig von den äussern Einflüssen und den physikalischen Kräften, als die genannten beiden Processe, und da man einmal sich gewöhnt hat, die Pflanze als einen niedern weniger selbstständigen Organismus anzusehen, als das Thier,

so legt man auf das letztere Merkmal, welches eine Abhängigkeit vom Erdenleben entschiedener darthut, besondern Werth. Da die Bildung neuer Formen an das Vorhandensein des Stoffes, aus dem sie bestehen, geknüpft ist, so ist sie immer ganz abhängig vom chemischen Process, der diese Stoffe liefern soll. Der chemische Process aber ist all den vielfachen Modificationen unterworfen, die befördernd, hemmend oder umändernd auf ihn einwirken können, wie dem Wechsel der Temperatur, des Lichts, des Luftdruckes, der elektrischen Spannung u. s. w. Eben durch den chemischen Process also ist das Leben der Pflanze auf's engste mit dem Leben des Planeten verbunden und gezwungen, seinen Phasen unmittelbar oder mittelbar zu folgen. Darauf beruhen nun alle Periodicitätserscheinungen im Leben der Pflanze, von denen sicher der grösste Theil uns noch völlig unbekannt ist, während von den leichter aufzufassenden, uns bekannt gewordenen wiederum der grössere Theil nur noch sehr oberflächlich beachtet und insbesondere in seiner eigentlichen Gestalt noch fremd ist, indem wir nur mittelbar davon abhängige Erscheinungen beobachtet haben. In den folgenden Paragraphen werde ich noch Gelegenheit haben, darauf aufmerksam zu machen.

Die Periodicität zeigt sich besonders in doppelter Weise.

1. Zuerst, indem an bestimmten Pflanzentheilen, z. B. an der Spore, am Pollenkorn, am Embryo, durch den chemischen Process selbst ein Zustand herbeigeführt wird, in welchem er nur höchst langsam fortschreitet, so lange nicht ganz besondere äussere Verhältnisse ihn wieder beschleunigen. Hier findet keineswegs ein völliger Stillstand statt, sonst müsste z. B. die Keimfähigkeit des Saamens eine unendliche Dauer haben. Der Process geht vielmehr sehr langsam immer fort, und wenn nicht zu einer bestimmten, aber specifisch für verschiedene Pflanzen verschiedenen Periode die äusseren Verhältnisse den chemischen Process neu beleben und ihm wieder eine andere Richtung geben, so endet er damit, dass er völlig erlischt und zugleich den Stoffen die Fähigkeit raubt, durch äussere Einflüsse wieder in diejenige chemische Thätigkeit versetzt zu werden, die wir Leben nennen. Die äussern Einflüsse dienen dann nur dazu, die Stoffe zu zerstören und aufzulösen und so dem allgemeinen Erdenleben wieder anzueignen.

2. Einen ganz regelmässigen Einfluss auf den chemischen Process der ganzen Pflanze zeigen die grösseren Veränderungen in den physikalischen Verhältnissen der Erde und ihrer Regionen, die durch den Wechsel von Winter und Sommer, Tag und Nacht, und durch die wechselnde Witterung herbeigeführt werden.

In der ersten Beziehung können wir vier Regionen der Erde unterscheiden, nämlich *a)* die Aequatorialgegend, wo die Vegetation scheinbar niemals unterbrochen wird, weil Wärme und Feuchtigkeit sich im ganzen Jahre fast gleichbleiben; *b)* die daneben liegenden Gegenden, wo der periodische Mangel an Feuchtigkeit den chemischen Process verlangsamt; *c)* die Gegenden mittlerer Breiten, wo der periodische Mangel an Wärme denselben Erfolg hat; *d)* endlich die Polargegend, wo beständiger Mangel an Wärme und Feuchtigkeit die Vegetation unmöglich macht. Von dem Zweiten, dem Sommerschlaf der Pflanzenwelt, hat *Martius* in den physiognomischen Tafeln zur *Flora brasiliensis* ein interessantes Bild geliefert. Das dritte, der Winterschlaf der Pflanzen, zeigt sich uns alljährlich in den höhern Breiten und ist am genauesten bekannt, obwohl wir eben auch noch nicht viel mehr als eine ziemlich rohe Auffassung der äussern Erscheinungen haben. Auch hier ist nur eine Verminderung, kein Aufhören der chemischen Processe vorhanden, denn sobald durch zu grosse Wärmeentziehung der chemische Process gänzlich sistirt ist, so bedarf es nur einer geringen Einwirkung der Atmosphärilien, um die Pflanze der Zerstörung entgegenzuführen, obwohl eine kurze Zeit lang die Stoffe noch in dem Zustande bleiben können, dass allmäliges Hinzutreten der äussern Einwirkungen den chemischen Process noch wieder in die alte Bahn leitet und so das Leben von Neuem beginnt, wie z. B. das vorsichtige Aufthauen völlig gefrorener Pflanzen beweist.

Ganz ähnliche, wenn auch minder auffallende Wirkungen muss der Wechsel von Nacht und Tag ausüben; wir kennen aber davon bis jetzt nur einige offenbar entferntere Folgen, wovon unten bei den Bewegungserscheinungen zu reden ist.

Endlich der Einfluss des Witterungswechsels ist uns noch am wenigsten bekannt. Auf die von bestimmten Witterungseinflüssen sehr abhängigen Pflanzen, z. B. Moose und Flechten, zeigt sich uns die Einwirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit sichtbar genug. Auch bemerken wir z. B. nach Gewitterregen eine allgemeine Erhöhung in den Lebenserscheinungen der Pflanzen. Aber dies muss um so mehr noch oberflächlich und fragmentarisch bleiben, als erst in neuester Zeit die Witterungskunde selbst angefangen hat, wissenschaftlicher Bearbeitung zugänglich und theilhaftig zu werden.

Für alle diese Verhältnisse konnte hier nur der allgemeine Gesichtspunkt angedeutet werden, denn die eigentlich wissenschaftlichen Beobachtungen sind noch alle erst zu machen. Welche Veränderungen z. B. in dem Inhalte und dem chemischen Processe der Pflanzenzellen vor sich gehen bei Annäherung des Winters, wie dieser Process von Wärme, Licht und elektrischer Spannung abhängig ist u. s. w., sind alles Aufgaben, die noch gelöst sein müssen, ehe wir hier Grundlagen für Inductionen gewinnen können. — Das Feld der Forschung liegt noch unendlich vor uns und hat leider bis jetzt noch viel zu wenig gründlich vorgebildete Bearbeiter gefunden.

§. 183.

Die Organologie begreift die Lebenserscheinungen der ganzen Pflanze (allgemeine Organologie) und ihrer einzelnen Theile als besondere Organe (specielle Organologie). Das Leben der ganzen Pflanze ist das Resultat aus dem Leben der einzelnen Zellen. Einsicht und Möglichkeit der Erklärung haben wir daher in dieser Lehre nicht gewonnen, so lange wir die Erscheinungen im Gesammtleben der Pflanze nicht auf die Erscheinungen an den einzelnen dieselbe constituirenden Zellen zurückgeführt haben. Dafür ist bis jetzt aus Mangel einer richtigen Methode noch wenig geschehen, und die Darstellung dieser Hälfte der Organologie wird sich also hauptsächlich darauf zu beschränken haben, die Aufgaben richtig zu bestimmen und den Weg, der zu ihrer Lösung einzuschlagen ist, anzudeuten. Dasselbe gilt für den zweiten Theil, der seine Grundlage in der Morphologie erhalten hat. Dort wurde entwickelt, welche morphologisch bestimmte Organe die Pflanze besitzt; hier wird zu erörtern sein, in wiefern an bestimmten morphologischen Organen auch bestimmte Seiten des allgemeinen Lebens der Zelle vorzugsweise hervortreten und in wiefern sie dadurch auch zu physiologisch bestimmten Organen werden. Beide Theile müssten dann nach den in der Morphologie entwickelten Gruppen der Pflanzen durchgeführt werden. Eine solche Durchführung kann aber zur Zeit noch nicht gegeben werden, weil wir ein leeres Gerippe von Paragraphenüberschriften ohne Inhalt erhalten würden; denn bei den meisten Pflanzen und Pflanzentheilen fehlt es uns ganz und gar an Beobachtungen. Ich werde daher diese Lehre nach folgenden Abtheilungen darstellen: *A.* Allgemeine Organologie. 1) Allgemeine Erscheinungen im Leben der ganzen Pflanze: Leben, Keimen, Wachsen, Ernährungsprocess, Fortpflanzung, Tod. 2) Besondere Erscheinungen: Wärmeentwickelung, Lichtentwickelung, Bewegung. *B.* Specielle Organologie. A. Vegetationsorgane: *a.* Gymnosporen, *b.* Angiosporen; B. Fortpflanzungsorgane: *a.* Kryptogamen, *b.* Phanerogamen.

Ueberblicken wir die bisherigen Versuche, das Leben der Pflanze wissenschaftlicher Betrachtung zu unterwerfen, so finden wir, dass alle Forscher, von traditionellem Schlendrian geführt, ein ganz grundloses Vorurtheil mit zu ihren Untersuchungen

schon hinzubringen, ohne auch nur den Versuch zu machen, sich im Voraus im Geringsten über eine etwaige Begründung ihres Vorurtheils Rechenschaft zu geben, und gleichwohl bereit, dieses Vorurtheil als leitende Maxime allen ihren Forschungen zum Grunde zu legen. Ich habe die völlige Verkehrtheit dieses Postulats, nämlich der angeblichen Analogie mit den Thieren, schon in der Einleitung zur Genüge erörtert. Durch die Anwendung dieser so grundfalschen Betrachtungsweise ist es gekommen, dass fast alle Arbeiten über die Pflanzenphysiologie bis in die neuesten Zeiten völlig werthlos geblieben sind, indem bei keiner Untersuchung der allein richtige Standpunkt, nämlich die Eigenthümlichkeit des Pflanzenlebens, festgehalten ist, ja bei den meisten nicht einmal eine unbefangene Sammlung der Thatsachen stattfand, indem diese sogleich dem angeblichen Princip gemäss gesichtet und zugestutzt wurden.

Jede Disciplin der Naturwissenschaft aber, wenn sie anders überall auf diesen Namen Anspruch machen will, muss ein ihr eigenthümliches, selbstständiges Princip ihrer Entwickelung haben, welches aus der Natur ihres Gegenstandes und nur daher abzuleiten ist. Erst ihre bis zu einem gewissen Grade fortgeschrittene Vollendung erlaubt selbst nur die Frage, ob zwischen ihrem Object und dem anderer Disciplinen Analogien stattfinden und welche. Die Art und Weise, wie sich die Wissenschaft bei den germanischen Völkerstämmen entwickelt, nicht aus allmälig fortschreitender eigener Erforschung, sondern aus einer fremdher übernommenen Erbschaft und anfänglich eben nur der Ordnung, Vertheilung und dem Verständnisse des überkommenen Schatzes sich widmend, ist der Grund, weshalb wir in der Wissenschaft eben so viele und zum Theil hier noch schlimmere und gefährlichere Vorurtheile zu bekämpfen haben als im Leben. Die eigenthümliche Natur der theoretischen Wissenschaft aber, die nicht von den Anforderungen des Lebens jeden Augenblick gedrängt und im Drange geläutert wird, lässt lange Zeit Tradition und selbstständige Forschung, altes Erbtheil und neuen Fortschritt, Unsinn und Sinn neben einander bestehen, und daher erhalten sich auch die Vorurtheile, und wären sie noch so verkehrt, länger in der Wissenschaft als im Leben; endlich erhält sich in den theoretischen Wissenschaften, je ferner sie dem unmittelbaren Lebensgetriebe stehen, auch um so länger die nur in ihrem mittelalterlichen Ursprung richtige und anwendbare, der Natur der Sache nach aber völlig unsinnige Methode der Fortbildung der Wissenschaft durch philologische Behandlung; statt Pflanzen zu untersuchen, werden Bücher excerpirt, statt Versuche Conjecturen gemacht. Damit sind wir denn seit einem Jahrhundert fast im ewigen Zirkel herumgeführt worden, ohne einen Schritt vorwärts zu thun, das Auffinden neuer Thatsachen, neuer Gesetze ist nur dem Spiele des Zufalls anheim gegeben, während richtige leitende Maximen, richtige Methode und, in Folge beider, eine richtige Fassung der Aufgaben einen sichern Fortschritt verbürgen würden.

Für den speciellen gegenwärtigen Zweck habe ich nun in der Einleitung entwickelt, wie uns als leitende Maxime für die Betrachtung der ganzen Pflanze der Grundsatz von der Selbstständigkeit des Lebens der einzelnen Zelle gelten muss. Daraus entspringt uns die Nothwendigkeit, alle einzelnen Versuche erst da anzustellen, wo wir es mit einzelnen oder doch nur wenigen vereinzelten Zellen zu thun haben, hieraus die Gesetze abzuleiten und dann erst die gefundenen Gesetze experimentirend auf die zusammengesetzteren Gebilde anzuwenden, indem wir hier beständig die physiologischen Experimente mit der mikroskopischen Untersuchung begleiten und unter die Controle der Entwickelungsgeschichte stellen. Auf diese Weise und nur so kann ein sicherer Fortschritt in der Lehre vom Pflanzenleben gewonnen werden.

Dafür ist nun bis jetzt wenig oder gar nichts gethan. Es muss der speciellen Ausführung überlassen bleiben, nachzuweisen, wie alle bisherigen physiologischen Versuche und ihre Resultate zur Aufklärung unserer Einsicht völlig werthlos sind und sein mussten, weil es ihnen an leitenden Maximen, an richtiger Methode fehlte, und wie wir die ganze Untersuchung im Kleinsten wie im Grössten wieder von Neuem

anfangen müssen. Mir bleibt daher ausser diesem Nachweiss in diesem Buche nur übrig, nach der im Paragraphen mitgetheilten Uebersicht die Aufgaben zu nennen und hin und wieder die Versuche anzudeuten, die zu machen sein werden.

Erstes Capitel.

Allgemeine Organologie.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Erscheinungen im Leben der ganzen Pflanze.

A. Das Leben der ganzen Pflanze.

§. 184.

Das Leben der Pflanze wie des Elementarorgans ist, abgesehen vom Gestaltungsprocesse selbst, nichts anderes als der Complex physikalisch-chemischer Vorgänge, wie sie gebunden an eine bestimmte Form sich zeigen. Es kommen hier also die bekannten physikalischen und chemischen Kräfte in Frage. Von den meisten wissen wir in Bezug auf die Pflanze wenig, von vielen gar nichts. Wärme und Licht als die Bedingungen aller oder bestimmter chemischer Processe sind auch die Bedingungen des Lebens der Pflanze, aber in verschiedenem Grade. Einige Algen und Pilze scheinen bei 0^0, z. B. *Protococcus nivalis* (der sogen. rothe Schnee), oder ganz im Dunkeln leben zu können, z. B. *Rhizomorpha subterranea*, *Tuber cibarium* (Trüffel) u. s. w.; andere bedürfen hoher Temperaturgrade, z. B. viele tropische Pflanzen, oder intensiven Lichtes, wie viele Alpenpflanzen.

Ganz unbekannt sind uns noch die Wirkungen der Elektricität und des Magnetismus.

Das Leben der Pflanze ist im höchsten Grade abhängig von dem Leben der ganzen Erde. An einen bestimmten Fleck geheftet oder, wenn frei, wie einige schwimmende Pflanzen, doch ohne von Innen bestimmte Bewegung, muss ihr Alles, was sie bedarf, was ihre Lebenserscheinungen fördern soll, von Aussen entgegenkommen. Insbesondere zeigt sich diese Abhängigkeit bei der Vermittlung der Fortpflanzung. Die Ausstreuung der Sporen, die Uebertragung des Pollens auf die Narbe u. s. w. hängt oft von lauter rein äusserlichen Bedingungen ab, von atmosphärischer Feuchtigkeit, Wind, Wellenbewegung, vom Leben der Insecten u. s. w.

Ueber den Gestaltungsprocess, so weit er dem Leben der ganzen Pflanze angehört, ist später bei der Fortpflanzung noch zu sprechen. Was übrig bleibt, besteht nur in den Gesammterscheinungen der physikalisch-chemischen Processe, wie sie an dem einzelnen Elementarorgan oder an Gruppen derselben (Geweben) sich zeigen. Alles, was darüber im ersten Buche gesagt ist, muss auch hier gelten, und wir haben nur zu betrachten, wie etwa durch den Gestaltungsprocess der ganzen Pflanze eigenthümliche Modificationen in der Summe der Erscheinungen des Lebens der einzelnen Zellen hervorgerufen werden. Diese sind aber im Ganzen sehr gering und uns noch grösstentheils unbekannt. Wärme und Licht, die beiden Beförderer so vieler chemischer Thätigkeiten, scheinen auf die ganze Pflanze nicht anders zu wirken, als auf die Summe der Zellen. Elektricität und Magnetismus sind uns in ihrer Wirkung auf die Zelle noch völlig fremd, und ebenso in ihrem Einfluss auf die ganze Pflanze. Die Elektricität scheint gleichwohl eine grosse Rolle zu spielen. Einige noch sehr vage

Beobachtungen darüber finden sich in *Froriep's* Notizen (Bd. XIX. Nr. 9. Aug. 1841) von *Thomas Pine*. Ich will hier statt etwaiger Phantasien einige Fragen stellen, die vielleicht müssig scheinen mögen, aber gleichwohl einmal eine Antwort verlangen werden. Uebt ein kräftig vegetirender Baum oder, noch besser, eine vegetirende *Musa* oder dergleichen unter den Tropen gar keinen Einfluss auf einen frei daneben aufgehängten Magnet aus? Wenn man eine *Chara* so wachsen lässt, dass sie von einem möglichst constanten galvanischen Strome in einer Spirale umgeben wird, die der Richtung ihres Saftstromes gleichläufig oder gegenläufig ist, zeigt sich dann eine Veränderung in ihrer Vegetation und welche?

Im höchsten Grade interessant ist die vielfache Abhängigkeit des Pflanzenlebens von dem Leben der Erde. Wir müssen hier annehmen, dass in den Kräften, von welchen die meteorologischen Erscheinungen, die Bildungstriebe u. s. w. abhängen, schon die Ursache als nothwendig gegeben ist, weshalb gerade zur Blüthenzeit einer bestimmten Pflanze auch ein bestimmtes Insect sich entwickelt, dessen Leben wiederum an die Ernährung durch den Nectar der Blume gebunden ist, bei dessen Aufsaugung es die Uebertragung des Pollen auf die Narbe bewirkt. Für die einzelne Pflanze erscheint das Zusammentreffen z. B. des Windes mit der Blüthezeit der Abietineen, des Wellenschlags mit der Blüthezeit der *Vallisneria*, des Regens mit der Entwickelung des Kolbens von *Ambrosinia Bassii* rein zufällig, aber beide sind nur nothwendige Folgen derselben Grundkräfte, welche sich im Bildungsprocess der Erde kund geben. Der Regen konnte nicht zu der bestimmten Zeit unter den bestimmten Umständen fallen, ohne dass zugleich der damit innig zusammenhängende Bildungstrieb der Erde eine *Ambrosinia* hervorbrachte, und dasselbe, was diese entstehen liess, musste zu gleicher Zeit die meteorologischen Verhältnisse so ordnen, dass in die entwickelte Spatha Regen fiel. Die Spatha von *Ambrosinia* ist nämlich kahnförmig gestaltet und schwimmt so auf dem Wasser. Durch den Kolben, dessen flügelförmige Anhänge mit der Spatha bis auf ein kleines Loch verwachsen sind, wird die Spatha in einen obern und untern Raum getheilt; im untern befinden sich ausschliesslich die Antheren, im obern ein einziger Fruchtknoten. Der Pollen kann nun nicht anders zur Narbe gelangen, als dass Regen die untere und die halbe obere Kammer anfüllt, wodurch der schwimmende Pollen zum Niveau der Narbe gehoben wird und hier Schläuche treiben kann. Dies mag als eins der weniger bekannten Beispiele von der Abhängigkeit der Pflanzen von äussern Naturereignissen hier stehen. Die Wirkungen von Wind und Wetter sind allgemein bekannt und über die Hülfe der Insecten findet man die interessantesten Beobachtungen in *Conrad Sprengel*, das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen; Berlin 1793.

B. Das Keimen.

§. 185.

Das Keimen (*germinatio*) hat bei Kryptogamen und Phanerogamen eine sehr verschiedene Bedeutung. Bei den erstern, so wie bei den Rhizocarpeen umfasst es die Ausbildung einer einzelnen, von der Mutterpflanze getrennten Zelle zum vollständigen neuen Organismus und entspricht in seiner ersten wichtigern Hälfte der Bildung der Saamenpflanze bei den Phanerogamen. Ueber die dabei vorgehenden Processe wissen wir noch gar nichts, als was sich analog aus dem Leben der einzelnen Zelle anwenden lässt. Das am schwierigsten zu Erklärende ist hier eigentlich dasselbe wie bei den Phanerogamen, nämlich wodurch die Spore so lange in der Aeusserung ihrer Lebensthätigkeit zurückgehalten wird. Bei Phanerogamen dagegen ist Keimung nur die Entwickelung einer schon vollständig im Kleinen an-

gelegten Pflanze zum vollkommenen Individuum. Die Fortentwickelung hat hier gar nichts eigenthümlich Schwieriges, sondern umgekehrt, der dem Keimen vorhergehende Zustand der ruhenden Vegetation. Wir finden hier Folgendes. Beim allmäligen Reifen des Embryo füllen sich seine Zellen nach und nach mit assimilirten Stoffen, namentlich Stärkemehl, Oel und Schleim, und sie verlieren dabei nach und nach fast alles Wasser, und so tritt ein Zustand ein, in welchem wegen mangelnder Feuchtigkeit die chemischen Wechselwirkungen und daher die Lebensprocesse äusserst gering sind. Dieser Zustand dauert nach specifischer Eigenheit verschieden lange und kann künstlich oft bis zu Jahrtausenden erhalten werden, ohne dass die Entwickelungsfähigkeit verloren geht. Diese Entwickelungsfähigkeit wird selbst durch Einwirkungen nicht gestört, welche den wirklichen Lebensprocess der Pflanze aufheben würden; so ertragen die Saamen der Cerealien einen kurzen Aufenthalt im Wasser von 45° C., in Wasserdämpfen von 60° C. und in trockener Luft von 75° C., so wie in trockener Kälte von — 50° C.* Dass beim Beginn der Keimung der Zutritt von Feuchtigkeit u. s. w. das Spiel chemischer Veränderungen in Thätigkeit setzt, ist bei weitem weniger auffallend, als weshalb es vorher nicht geschieht; aber gerade dies Letzte zu untersuchen, hat man bisher versäumt.

Die Erscheinungen des Keimens sind folgende. Zunächst quellen die Bedeckungen des Embryo (die Saamenschalen und wo sie vorhanden, auch Albumen und Fruchthüllen) vom eindringenden Wasser auf, die Zellen des Embryo dehnen sich aus, besonders zuerst die Zellen des Würzelchens unterhalb der Keimblätter (der sogen. *cauliculus*); dadurch wird das Würzelchen aus dem berstenden Saamen hervorgeschoben, das Würzelchen senkt sich in den ihm angewiesenen Boden und sowie es darin sich befestigt, gleicht sich die etwaige Krümmung der Axe durch Ausdehnung der an der concaven Seite liegenden Zellen aus und der Embryo richtet sich in die Höhe. Die Ausdehnung der Keimblätter sprengt die Bedeckungen völlig, diese fallen ab und das freie Pfläuzchen wächst nun fort. Bei Monocotyledonen gewöhnlich, selten bei Dicotyledonen, z. B. *Nymphaea*, *Quercus*, *Aesculus* u. s. w., dehnt sich auch der untere Theil der Keimblätter so sehr aus, dass dadurch das Knöspchen aus den Bedeckungen hervorgeschoben wird und sich dann entwickelt, ohne dass die Spitzen der Keimblätter die Hüllen verlassen. Wo Albumen vorhanden, wachsen die Keimblätter oft so sehr in der Hülle an, dass sie das ganze Albumen verdrängen, während der ganze Embryo im reifen Saamen nur einen ganz kleinen Theil des Saamens einnahm. Unwesentliche Verschiedenheiten im Einzelnen sind hier zahllos und fast jeder Saame zeigt im Keimen seine Eigenthümlichkeiten.

Für den eigentlichen Lebensprocess beim Keimen sind zwei Erscheinungen völlig zu trennen, von denen die eine mit der Bildung der Pflanze gar nichts zu thun hat. Die Zellen des Embryo sind zur Zeit der Reife gewöhnlich ganz mit assimilirten Stoffen ausgefüllt, wodurch ihr Zusammenziehen beim allmäligen Wasserverlust verhindert wird. Der grösste Theil dieser Stoffe ist für die Ernährung der jungen Pflanze überflüssig und wird zunächst zerstört, indem der Kohlenstoff des Stärkemehls, Oels u. s. w. auf Kosten des mit dem Wasser aufgenommenen atmosphärischen Sauerstoffs verbrannt wird und als Kohlensäure entweicht, während Wasserstoff und Sauerstoff sich zu Wasser verbinden; hierbei wird natürlich

* Vergl. *Edward* und *Colin* in *Ann. d. sc. nat. Seconde serie, Botan. I. p.* 257.

eine grosse Wärmemenge entbunden. Dadurch werden die Zellen wieder mit einem flüssigen Inhalte versehen und so das raschere chemische Leben in ihrem Innern möglich gemacht. Die nächste Folge ist dann die Umbildung der übrigen Substanz in Gummi und Zucker, die dann zur Bildung neuer Zellen verwendet werden können. Hierbei ist ohne Zweifel der Schleim als Contactsubstanz wirksam.

Ein gleicher Process wie im Embryo geht im Albumen vor sich und wird der darin bereitete Nahrungsstoff dem Embryo durch seine Oberfläche mitgetheilt. Bei vielen, besonders monocotyledonen Embryonen werden die Zellen des Cotyledons ganz papillös und vereinigen sich sehr fest mit den ebenfalls papillös auswachsenden Zellen der innern Fläche des Albumen.

Saamenschale und bei geschlossenen Früchten auch die Fruchthülle tragen nach specifischer Eigenheit dazu bei, durch ihre Structur bald den Zutritt des Wassers aufzuhalten und so den Keimungsprocess zu verlangsamen, bald ihn zu beschleunigen.

Ueber die morphologischen Erscheinungen beim Keimen ist schon früher das Nöthige gesagt und bemerkt, wie hier die meisten Beobachtungen noch so mangelhaft sind, dass sie für wissenschaftliche Behandlung völlig unbrauchbar bleiben.

Ueber die Ursache der Richtung der Keimpflanze wissen wir noch gar nichts. Sobald die Pflanze an's Licht tritt, entwickelt sich in ihren äusseren Theilen Chlorophyll.

Um die Keimung würdigen zu können, muss man erst den Bau des Saamens ganz verstehen. Wir finden im Saamen stets die Anlage zur zukünftigen Pflanze, nämlich ein Körperchen mit Würzelchen und Terminalknospe als wesentlichstem Theile. Hierzu kommen aber noch Hülfsorgane, deren Bedeutung mit dem Process der Keimung auch zu Ende ist. Diese Hülfsorgane sind entweder die ersten Blätter, die Cotyledonen, oder der Eiweisskörper. Nun können wir bei den Hülfsorganen drei verschiedene Verhältnisse nachweisen, durch welche sie ihrem Zwecke genügen und zugleich selbst bis zur Zeit ihrer Wirksamkeit bildungsfähig erhalten werden. Nämlich entweder enthalten die Zellen verhältnissmässig weniger Schleim, aber sehr viel Stärkemehl, so bei den Cotyledonen der Leguminosen, im Eiweisskörper der Cerealien, oder sie enthalten mehr Schleim und daneben statt der Stärke ein fettes Oel, so in den Cotyledonen der Cruciferen, im Eiweisskörper vieler Palmen und Euphorbiaceen, oder endlich, sie enthalten fast nur Schleim, aber ihre Wände sind auffallend verdickt und dieser Zellstoff befindet sich in einem andern physikalischen Zustande als der gewöhnliche oder ist auch selbst chemisch von ihm verschieden. Insbesondere ist er leichter auflöslich, leichter zersetzbar als der andere. Dies letztere Verhältniss finden wir in den Cotyledonen einiger Leguminosen, z. B. der *Tamarinde* und in dem Eiweisskörper mehrerer Palmen, z. B. der Dattelpalme und am ausgebildetsten in der Taguanuss (*Phytelephas*). — Wir haben somit sechs verschiedene Hauptverhältnisse einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen, ohne die vielen Mittelstufen zu beachten. Aber zur Zeit haben wir leider noch von keiner einzigen eine mikroskopisch und chemisch ganz vollständige Keimungsgeschichte und bei den meisten auch noch nicht einmal Andeutungen. Die meisten Chemiker verstehen nichts von Mikroskop und Physiologie, die meisten Botaniker nichts von Chemie und ein freundschaftliches Zusammenarbeiten scheint besonders den deutschen Gelehrten nicht eigenthümlich zu sein. So werden wir wohl noch lange auf gründlichere Erkenntniss der Keimung warten müssen.

Die ganze Keimungsgeschichte der Pflanze ist noch so dunkel, weil man alle Untersuchungen bisher auf den Punkt gewendet hat, wo das Räthsel des Keimens gar nicht

liegt. Die ganze Entwickelung der jungen Pflanze ist zugleich mit erklärt, wenn wir das Leben der Pflanze im Allgemeinen erklärt haben. Was aber als das am schwersten zu Erklärende hier stehen bleibt, ist, wie Verhältnisse, die in einem Embryo einen bestimmten Process einleiten können und einleiten müssen, eine Zeitlang ohne Wirksamkeit bleiben. Wenn wir eine frische, reife Eichel in den günstigen Boden bringen, ihr alle Bedingungen geben, die zum Keimen erforderlich sind, weshalb treten hier die chemischen Processe, die die Keimung und Entwickelung ausmachen, nicht sogleich ein, sondern erst lange Zeit nachher? Hier gehen theils uns noch unbekannte langsame chemische Processe im Innern der Zellen vor, theils ist hier der Bau der Zellen oder die chemische Natur des Inhalts so, dass die Einwirkung der äussern Agentien so verlangsamt wird. Die Kaffeebohne keimt nicht mehr, wenn sie nicht gleich bei ihrer Reife in die günstigsten Bedingungen gebracht wird; der Waizen kann nach den wohl nicht mehr zu bezweifelnden Beobachtungen *Sternberg's** 3000 Jahre ruhen, ohne seine Entwickelungsfähigkeit einzubüssen. Hier sind noch eine grosse Menge von Thatsachen zu sammeln, hier müssen die scrupulösesten chemischen Untersuchungen über die Natur des Zelleninhalts und der Zellenwände, die genauesten mikroskopischen Analysen über den Bau dieser Embryonen angestellt werden, ehe wir hier zu irgend einem Resultate kommen können: vorher ist aber alles Theoretisiren darüber kindische Träumerei. Nur Unklarheit oder Geistesträgheit wird hier absprechen, wo noch so viel, wo noch Alles zu untersuchen ist.

So viel lässt sich allenfalls teleologisch andeuten, dass sich die Zellen des Embryo (und Albumen) völlig mit assimilirten Stoffen ausfüllen, um beim Austrocknen der Zellen ihr Zusammenfallen zu verhindern und so ihr späteres Wiederaufleben möglich zu machen. Von diesen Stoffen ist ein grosser Theil für dss Leben des Embryo überflüssig und selbst hinderlich, und wird daher bei beginnender Keimung zerstört, indem er zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird. Hierzu sind atmosphärischer Sauerstoff und, wie zu jedem chemischen Process, eine bestimmte Menge Wärme und Feuchtigkeit nothwendig; das sind also natürlich die sogenannten Bedingungen des Keimens. Beide Bedingungen sind aber verschieden nach specifischer Verschiedenheit der Saamen, ohne dass bis jetzt Untersuchungen vorlägen, aus denen sich diese Verschiedenheit nach der chemischen Natur des Zelleninhalts, der Zellenwände und der Structur ableiten liesse. Wasserpflanzen keimen am besten im Wasser, Landpflanzen in feuchter Erde. Von dem Vorgange selbst aber wissen wir abermals gar nichts. Wir sind noch weit davon entfernt, alle die Verhältnisse zu kennen, unter denen Stärkemehl aufgelöst und zersetzt wird, und die, welche wir kennen, stimmen mit den in der keimenden Pflanze gegebenen so wenig überein, dass sie zur Erklärung nicht angewendet werden können. Die Entdeckung der Diastase durch *Payen* und *Persoz* machte grosses Aufsehen, und man glaubte allgemein, den Schlüssel gefunden zu haben, vergass aber, dass Diastase nur bei 65—70° C. die Stärke auflöst, eine Temperatur, die nicht in der keimenden Pflanze vorhanden ist, und wenn sie hinzugebracht wird, das Leben der Pflanze tödten würde. Uebrigens ist offenbar nur diese Zerstörung der kohlenstoffreichen Substanzen dem Keimungsprocess eigenthümlich, alle übrigen Erscheinungen gehören lediglich dem sich auch später fortsetzenden Vegetationsprocesse an.

Die nothwendige Folge von der Zerstörung organischer Substanz beim Keimen ist die, dass zu einer gewissen Zeit die ganze Keimpflanze, sei sie so gross wie sie wolle, viel leichter ist als der Saame, wie folgende Tafel zeigen kann:

---

* Er brachte Waizenkörner aus Mumiensärgen zum Keimen, dasselbe glückte in neuester Zeit auch in England.

Zahl	Namen	Gewicht der lufttrocknen Saamen in Grammen	Keimungszeit Tage	Jahreszeit	Gewicht der lufttrocknen Keimpflanzen und Saamenreste in Grammen	Verlust in Procenten des Saamens	Beobachter
24	Pferdebohnen	12,943	16	Im Januar	10,914	29%	Schleiden
50	Erbsen	8,829	18		6,748	24 -	
100	Waizen	4,323	18		3,351	23 -	
100	Roggen	2,761	12		2,347	15 -	
36	Gerste	1,995	7	Im August	0,642	68 -	
100	Wicken	4,598	18	Im Mai	3,842	17 -	
10	Erbsen	2,237	26	Unbestimmt	1,075	52 -	Boussingault
46	Waizen	1,665	51		0,713	57 -	

Die *Boussingault*'schen Angaben mögen dem Zeitpunkt des grössten Gewichtsverlustes am meisten entsprechen. Ganz vollständige und lange genug fortgesetzte Untersuchungsreihen um diesen Zeitpunkt zu bestimmen existiren indess noch nicht. Die Vertheilung des Gesammtverlustes auf die verschiedenen Stoffe ergiebt sich beispielsweise aus Folgendem *.

Es enthalten von der Futterwicke:

	Organ. Substanz	Unorgan. Substanz	Summa
1000 reife Saamen	44,40	1,58	45,98
1000 ganze Pflanzen am Ende der Keimung	32,60	2,33	34,93.

Der Verlust an organischer Substanz beträgt also 25%, die Zunahme an unorganischer Substanz 47%. Der Verlust war an

Kohlenstoff 30%
Wasserstoff 32%
Stickstoff 6%
Sauerstoff 37%

Ein wichtiger Punkt ist hier noch einmal hervorzuheben, nämlich die Richtung, welche die keimende Pflanze annimmt. Die Beispiele von *Viscum* und *Loranthus* beweisen zunächst, dass es kein allgemeines Gesetz der Pflanze sei, dass ihre Wurzel dem Mittelpunkt der Erde zu wachse und ihr Stengel in entgegengesetzter Richtung. Bei den meisten Pflanzen ist aber allerdings diese Richtung die gewöhnliche. Wie der Saame auch liege, so biegt sich doch beim Keimen das Würzelchen so, dass es senkrecht in die Erde hineinwächst, der Stengel aber senkrecht aufsteigt. Letzteres indess wird schon sehr modificirt nach dem Einflusse des Lichtes, indem der Stengel bei weitem mehr der Lichtquelle zuzuwachsen scheint und daher bei seitlich auffallendem Lichte sogleich eine schiefe Richtung annimmt. Zur Erklärung hat man eine Menge Träumereien ersonnen und, gestützt auf die allerdings interessanten Knight'schen Versuche **, auch die Schwerkraft zu Hülfe gerufen, was nur beweist, mit welchen unklaren Begriffen sich viele Leute befriedigen können. Ob die Knight'schen Versuche allemal dasselbe Resultat geben würden, ist vielleicht sehr zweifelhaft; aber dies auch zugegeben, so sind sie doch völlig unzulänglich, um die Schwerkraft als Ursache dieses Phänomens hinzustellen, abgesehen davon, dass sie auf *Viscum* und *Loranthus* nicht passen, und die Ursachen, die die Richtung dieser Pflanzen bestimmen, höchst wahrscheinlich dieselben sind, die bei andern auch stattfinden. Die Gravitation an der Erde wirkt verschieden nach dem Verhältnisse der Masse und des Volumens; beides ist aber bald im Würzelchen, bald im obern

* Vergl. „*Schmid* und *Schleiden* über die Vegetation der Futterwicke“ im Anhang unter *A. VII*.

** Vergl. *Treviranus* Beiträge zur Pflanzenphysiologie (worin die Arbeiten von *Knight* in Uebersetzung mitgetheilt sind). Göttingen 1811. S. 191 ff.

Theile des Embryo grösser, also müsste die Pflanze bald so, bald so wachsen, was nicht geschieht. Sobald das Würzelchen sich verlängert, nimmt es auch Flüssigkeiten aus dem Boden auf und der Inhalt seiner Zellen ist deshalb stets ein diluirter, specifisch leichterer, als der in den obern Theilen der Pflanze; es müsste also gerade umgekehrt die Wurzel, weniger von der Erde angezogen, nach Oben wachsen. Ein Kegel fällt allemal auf seine Grundfläche; nun haben wir aber sowohl kegelförmige, als verkehrt kegelförmige Embryonen, beide keimen aber so, dass das Würzelchen (dort die Basis, hier die Spitze des Kegels) in die Erde dringt; kein Embryo keimt frei, alle bleiben längere oder kürzere Zeit in der Saamenschale, oft auch in der Fruchthülle eingeschlossen, von beiden macht der Embryo zuweilen nur einen verschwindend kleinen Theil aus; die Schwere müsste also zunächst auf die Hülle wirken und dadurch die Lage des Embryo bestimmen u. s. w.; kurz man hat hier ohne Nachdenken ein unverstandenes Wort hineingeschoben und geglaubt, dadurch etwas klar zu machen. Wie ich schon in der Einleitung bemerkt, ist keinem Botaniker vorzuschreiben, wie viel oder wie wenig er von den andern Disciplinen sich zu eigen machen oder für seinen Zweck verwenden will. Wenn er aber einmal aus andern Wissenschaften hernimmt, so muss er die Begriffe dieser Wissenschaft klar aufgefasst haben und richtig anwenden, sonst macht er sich lächerlich. Aber freilich kann man von Botanikern kaum mehr verlangen, wenn im 19. Jahrhundert ein Professor der Physik hinschreiben darf: „Contactwirkung sei deshalb unwahrscheinlich, weil uns kein Beispiel bekannt sei, d a s s e i n r u h e n d e r K ö r p e r e i n e n a n d e r n i n B e w e g u n g s e t z e." Wenn solche bodenlose Unwissenheit in den ersten Elementen der Physik es zum Professor bringen kann, so darf man allerdings dem Botaniker eine Unklarheit in physikalischen Begriffen kaum vorrücken.

Ich will hiermit gar nicht behauptet haben, dass nicht möglicher Weise die Schwere die Ursache des erwähnten Phänomens sei, aber zur Zeit ist mit der Schwerkraft noch nichts hier anzufangen, weil wir noch keinen Gegenstand haben, auf den sie wirken könnte.

Die gesammten Träumereien über die eigenen Gefässe, welche den bereiteten Nahrungsstoff von den Keimblättern zum Würzelchen führen sollen, und alle übrigen ähnlichen, die man in älteren Werken findet, habe ich hier gänzlich unberührt gelassen, da sie ohne allen Werth sind. Dagegen will ich schliesslich noch einige der zunächst zu lösenden Aufgaben nennen, welche eine genauere Kenntniss des Keimungsprocesses einleiten können.

1. Ermittlung der Ursache, wodurch in dem Embryo und Albumen das Stärkemehl aufgelöst und das fette Oel zersetzt wird.

2. Genaue Bestimmung der beim Keimen entwickelten Wärmemenge und Vergleichung derselben mit der Quantität des verbrannten Kohlenstoffs und des gebildeten Wassers.

3. Genaue quantitative Analyse der Keimpflanzen und ihrer einzelnen Theile in allen Stadien der Keimung mit genauer quantitativer Bestimmung der aufgenommenen Wassermengen und des stattfindenden Gasaustausches sowohl bei einem stärkehaltigen, als bei einem ölhaltigen Embryo. Dass diese Analysen beständig von mikroskopischen Untersuchungen begleitet sein müssen, versteht sich von selbst.

4. Wiederholung der Knight'schen Experimente und Versuch, ob Pflanzen nicht in umgekehrter Richtung zum Keimen und Wachsen zu bringen sind, wenn man den Boden über ihnen anbringt und sie stark von unten beleuchtet.

Die Entwickelung der Sporen der Kryptogamen, welche man wohl auch Keimung nennt, findet ihre Analogie gar nicht hier, sondern in der Entwickelung des Pollenkorns zum Embryo. Bei beiden sind aber die physikalischen und chemischen Bedingungen verschieden und eine specielle Untersuchung des Entwickelungsganges in chemischer und physikalischer Beziehung, etwa bei keimenden Farren, wäre dringend zu wünschen, wird aber vorläufig wohl noch an den grossen, dabei zu überwinden-

den Schwierigkeiten scheitern. Am wichtigsten würde eine solche genaue Untersuchung (wie in der dritten Aufgabe) für die Aufklärung vieler Vegetationsgesetze werden, wenn sie bei einer gehörigen Menge von Algensporen angestellt werden könnte, z. B. bei *Spirogyra*, und hier würde der natürliche Standort der Pflanzen die Untersuchung ausserordentlich erleichtern.

C. Das Wachsen.

§. 186.

Wachsen der Pflanze im Allgemeinen ist Vermehrung ihres Volumens und ihrer Masse. Für die wissenschaftliche Betrachtung müssen wir hier aber drei sehr verschiedene Processe unterscheiden, nämlich das Wachsen im engern Sinne, d. h. die Bildung neuer Zellen, die Entfaltung, d. h. die Ausdehnung und Vergrösserung schon vorhandener Zellen, und die Verholzung, d. h. die Verdickung der Wände vorhandener Zellen durch spiralige (und poröse) Verdickungsschichten. Alle drei nehmen auf sehr verschiedene Weise an der Ausbildung der ganzen Pflanze und ihrer Organe Theil. Insbesondere ist es aber wichtig, das erste und zweite Moment genau zu unterscheiden. So theilt sich der als Keimung bezeichnete Process scharf in zwei Perioden, von denen die erste nur die Erweichung und Ausdehnung der vorhandenen Zellen umfasst, die zweite die Bildung neuer Zellen. Das schnelle Wachsen der *seta* bei den Jungermannien gehört nur der Entfaltung an, eben so die Ausbildung der Stengelglieder einer phanerogamen Pflanze u. s. w. Hier fehlt es noch sehr an genauen und umfassenden Untersuchungen.

Das eigentliche Wachsen geht, so weit bis jetzt die Inductionen reichen, stets nur so vor sich, dass sich neue Zellen im Innern von alten (Mutterzellen) bilden und durch Resorption der Mutterzellen frei werden. Keine andere Vermehrungsart der Zellen ist bis jetzt constatirt.

Ich habe schon früher * die im Paragraphen erläuterten Eintheilungen für das Verständniss des Lebensprocesses der Pflanze gerechtfertigt, und ich glaube daselbst wenigstens so viel deutlich gemacht zu haben, dass von wissenschaftlicher Behandlung des Pflanzenlebens nicht mehr die Rede sein kann, wenn man nicht die genannten drei Erscheinungen scharf unterscheidet und im gegebenen Falle immer genau erforscht, welche von allen dreien die wirklich vorhandene sei. Die Sache ist auch so einfach, dass, wenn einmal darauf aufmerksam gemacht ist, sie sich von selbst versteht, denn die Beispiele für alle drei Arten der Vergrösserung müssen jedem halbwegs gewandten Botaniker geläufig sein.

Insbesondere gewinnen wir durch die erste und zweite Abtheilung eine Unterscheidung von zwei wesentlich verschiedenen Perioden in der Entwickelung jedes Pflanzentheils, nämlich die eine, wo die ihn constituirenden Zellen gebildet, die andere, wo sie entfaltet werden. Oft sind beide Perioden sehr scharf von einander getrennt, z. B. bei vielen Blumenblättern, oft greifen sie in einander über, z. B. bei der Anthere.

Man zählt in den botanischen Handbüchern eine Menge von Beispielen auf von periodischen Beschleunigungen und Hemmungen des Wachsthums **. Alle diese Beispiele sind völlig unbrauchbar für die Ableitung von Gesetzen, weil der angegebene Unterschied dabei gänzlich übersehen ist. *Treviranus* z. B. (a. a. O.) führt das

---

* *Müller's* Archiv 1838. S. 158 ff. Beiträge zur Botanik Bd. I. S. 141 ff.

** *Treviranus* Physiologie, Bd. II. S. 442 ff.

schnelle Wiedererscheinen der Staubbeutel an einer in den Mund genommenen Roggenähre, von der die heraushängenden Antheren abgestreift waren, an. Es ist leicht zu sehen, dass hier nur von Ausdehnung schon vorhandener Zellen die Rede sein kann; dasselbe wird wenigstens grösstentheils von der Entwickelung des Blüthenschafts der *Agave* gelten. Ebenso sind die Untersuchungen von *E. Meyer* an Gersten- und Waizenpflanzen (*Linnaea*, Bd. IV) und von *Mulder* an dem Blatte von *Urania speciosa* (*Bydragen tot de naturk. Wetensch.* Bd. IV) über das Wachsthum nach den Verschiedenheiten von Tag und Nacht und nach den verschiedenen Tageszeiten ganz unbrauchbar, weil zwischen Zellenbildung und Zellenausdehnung nicht unterschieden ist. Hierher gehört ferner Alles, was bisher über den Unterschied im Wachsthum des Stengels, oder der Wurzel, der Blätter und anderer Theile gesagt ist (vergl. *Treviranus*, Physiologie, Bd. II. S. 152—179). Alle diese Versuche und Beobachtungen sind völlig werthlos und müssen, mit Berücksichtigung der angegebenen wesentlichen Momente, von Neuem angestellt werden, wenn sie irgend dazu dienen sollen, unsere Kenntniss des Pflanzenlebens zu erweitern.

Beim Keimen giebt der angeführte Unterschied ebenfalls eine scharfe Eintheilung, die aber noch genauer zu verfolgen und namentlich bei den Untersuchungen der chemischen Vorgänge beim Keimen der Phanerogamen zu berücksichtigen ist, nämlich die blosse Erweichung und Entfaltung der Zellen des Embryo als erstes Stadium, welches, wie ich glaube, bis zu dem Augenblike geht, wo die Wurzel sich dem Boden eingefügt hat, und die Entstehung neuer Zellen, die wahrscheinlich immer zuerst in der Wurzelspitze beginnt und demnächst in dem Knöspchen sich fortsetzt. Bei der Keimung der Kryptogamen, wo die Entwickelung von der Fortpflanzungszelle bis zur vollendeten Pflanze stetig, ohne Unterbrechung durch einen Zeitraum der ruhenden Vegetation, fortschreitet, ist eine solche Periodicität nicht vorhanden.

Der wichtigste Punkt, der hier zu erörtern ist, betrifft die Frage nach der Art der Zellenvermehrung, also des eigentlichen Wachsens der Pflanze. Die Untersuchungen darüber sind bis jetzt noch im höchsten Grade mangelhaft. Ich war der erste, welcher (in *Müller's* Archiv 1838) diesen Gegenstand zu erforschen und dadurch der Botanik die Grundlage für eine Bearbeitungsweise zu geben suchte, die man bis dahin wohl kaum noch geahnt hatte. Gleichzeitig erschien *Schwann's* Schrift über denselben Gegenstand bei den Thieren. Sogleich erhob sich ein Streit darüber, nicht über die Richtigkeit der Thatsachen, sondern, durchdrungen von der durchgreifenden Wichtigkeit einer solchen Grundlage der Physiologie und Gewebelehre, nahmen Viele den Lorbeerhain, in dem sich *Schwann* einen Kranz gebrochen, als ihr Eigenthum in Anspruch. Bald aber zeigte sich ein neues, auffallend reges Leben in der Physiologie, von *Schwann's* Entdeckungen als von einer neuen Grundlage ausgehend, wobei denn auch freundlich mein Name mit genannt wurde. Die glänzenden Resultate, die so gewonnen wurden, aufzuzählen, ist hier nicht der Ort; so bei den Physiologen, und bei den Botanikern? Fast fünf Jahre verflossen seit dem Erscheinen meiner Arbeit, und nicht ein einziger Botaniker achtete es der Mühe werth, meine mit grösster Ausführlichkeit mitgetheilten Untersuchungen nachzuarbeiten, sie zu bestätigen oder sie zu widerlegen. Diese einzige Thatsache genügt vollkommen, mich wegen mancher mir entschlüpfter, hart scheinender Aeusserungen über den Zustand der Botanik zu rechtfertigen, denn sie zeigt unwidersprechlich, wie es uns nicht etwa an Resultaten, sondern meistens noch an dem wissenschaftlichen Geiste fehlt, der Resultate sucht. Es giebt ehrenwerthe Ausnahmen, aber bei den meisten Botanikern hiess bis auf die neueste Zeit das nothdürftige Bestimmen eines trocknen Pflanzenfragments Wissenschaft, das flüchtige Durchgucken durch ein Mikroskop Pflanzenphysiologie; heute dies, morgen das Gegentheil, übermorgen wieder das Erste zu behaupten, weil man immer ohne gründliche und umfassende Untersuchungen, ohne die Bedingungen einer wissenschaftlichen Induction zu kennen, in den Tag hinein redete, nannte man Suchen nach Wahrheit u. s. w. Gott bessere es! Erst die letz-

ten Jahre haben uns eine bessere Zukunft vorbereitet, grösstentheils jüngere Kräfte, welche den erfrischenden Hauch, der die zoologischen Arbeiten schon seit lange durchweht, bei ihren Studien eingesogen haben, machen die gleiche Gründlichkeit und Wissenschaftlichkeit, die gleichen Methoden auch in der Botanik geltend, und die Zeit ist hoffentlich nicht mehr fern, wo ein Botaniker überall nicht mehr mitzählt, wenn er nicht selbst gründliche Untersuchungen über die Zellenentwickelung angestellt hat. Bisjetzt verdanken wir freilich die meisten Beiträge noch den tüchtigen Beobachtungen *Mohl's* und *Nägeli's*.

Das Speciellere über die Art und Weise der Umbildung der Zellen ist im Paragraphen 14 (S. 145 ff.) nachzulesen.

§. 187.

In wiefern verschiedenen Pflanzentheilen oder verschiedenen Pflanzengruppen verschiedene Arten des Wachsthums zukommen, kann man bis jetzt noch nicht sagen. Es fehlt durchaus an genauen Untersuchungen darüber. Soweit dies Verhältniss nur die Formenbildung und Formenveränderung betrifft, ist es schon in der Morphologie vollständig behandelt worden.

Mit den Wachsthumserscheinungen steht im Thierleben die Reproduction im engsten Zusammenhang. Versteht man unter Reproduction im bestimmten Sinne die Neubildung eines verloren gegangenen Theils an derselben Stelle und in derselben Form, so giebt es wahrscheinlich keine Reproduction im Pflanzenreich. Ein verlorengegangener Pflanzentheil ersetzt sich niemals wieder. Dagegen ist der Process der Vernarbung von Wunden mit Substanzverlust durch Ausfüllung der entstandenen Lücke mit einer dem Korkgewebe ähnlichen Substanz gar häufig.

Ueber die Verschiedenheit des Vegetationsprocesses in verschiedenen Pflanzen oder Pflanzentheilen lässt sich natürlich zur Zeit noch gar nichts sagen, da überall unsere Kenntniss desselben noch so höchst mangelhaft ist. Schon bei der Bildung des Pollen habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie hier nach *Nägeli* die Bildung der Specialmutterzelle zwar ebenfalls innerhalb einer andern Zelle, aber doch auf eine der früher beschriebenen Zellenbildung etwas verschiedene Weise vor sich geht. Dieselbe Bildungsweise der Zellen hat *Nägeli* häufig bei Algen gefunden. Ueber die Eigenthümlichkeiten im chemischen Process einzelner Pflanzengruppen wissen wir noch gar nichts.

Bei dem unbegrenzten Wachsthum der gänzlich unabgeschlossenen Individualität der Pflanzen (zweiter und dritter Ordnung) ist eine Reproduction in dem Sinne, wie etwa die Reproduction eines Schwanzes bei einer Eidechse u. s. w., nicht gut denkbar, denn das Individuum ist zwar in einem bestimmten Formen k r e i s e, aber nicht in einer bestimmten Formen z a h l abgeschlossen und hat ohnehin niemals alle ihm wesentlichen Organe gleichzeitig aufzuweisen. So wird zwar der Verlust einer bestimmten Form wieder ersetzt, aber nicht als Ersatz des verloren gegangenen an derselben Stelle, sondern durch Bildung ähnlicher Organe an andern Stellen. In dieser Weise ist für viele Pflanzen der Verlust gewisser Organe und die Neubildung derselben an anderer Stelle ganz gesetzmässig und begreift sich leicht aus dem früher (S. 252) über den Begriff des Pflanzenindividuum Gesagten. Der Baum z. B., der seine Blätter im Herbst abwirft, bildet im Frühjahr neue Blätter aus seinen Knospen; eigentlich aber ist jede Knospe ein durchaus neues Individuum, welches vollständig aus Stengel und Blättern besteht und nur auf dem Reste der früheren Individuen und mit diesem in lebendiger Verbindung sich entwickelt. D i e Stengelglieder, die ihre Blätter verloren haben, erhalten also eigentlich niemals neue Blätter wieder; die neuen Blätter gehören vielmehr auch zu neuentstandenen Stengelgliedern, also einem neuen Individuum an. Nur zwei Beispiele sind mir bis jetzt bekannt

geworden, welche eine Reproduction eines und desselben verloren gegangenen Theiles anzudeuten scheinen. Davon betrifft das eine eine Pflanze aus einer Familie, welche überall noch keine morphologisch bestimmten Organe aufzuweisen hat, nämlich eine Alge. Nach den Beobachtungen des Senator Dr. *Binder* nämlich ist es bei *Laminaria digitata* und *saccharina* nicht selten, dass sich an der Grenze zwischen dem untern stielförmigen Theile der Pflanze und dem obern flach ausgebreiteten zuweilen ein neuer Zellenbildungsprocess organisirt, aus welchem die Bildung eines ganz neuen obern flachen Theils der Pflanze hervorgeht, während gleichzeitig der alte abgestossen wird. In der reichen Sammlung des Herrn Dr. *Binder* sah ich insbesondere eine grosse Reihe der schönsten Entwickelungsstufen dieses Vorganges bei *L. digitata*. Der andere Fall scheint bei *Ceratophyllum* stattzufinden, indem sich einzelne Blätter etwa zwei Linien oberhalb ihres Ursprunges abstossen und aus dem Stumpfe wieder hervorwachsen. So weit ich dies bis jetzt beobachten konnte, habe ich es früher in meinen Beiträgen zur Kenntniss der *Ceratophylleen* (*Linnaea* 1837)* bekannt gemacht. Dagegen ist der Vernarbungsprocess ganz allgemein in der Pflanzenwelt, und zwar ist die eigentliche Vernarbungssubstanz allemal ein dem Korke analoges Gewebe, wie ich das ausführlich in meiner Abhandlung über die Cacteen entwikelt habe. Das Weitere gehört aber nicht hierher, sondern in die Pflanzenpathologie.

D. Der Ernährungsprocess.

§. 188.

Die gesammte Ernährung umfasst eine gewisse Anzahl von Processen, durch welche für einen gegebenen Organismus die Aufnahme fremdartiger Stoffe, ihre gänzliche oder theilweise Aneignung und die Ausscheidung des nicht Angeeigneten und des dem Organismus durch den Lebensprocess fremdartig Gewordenen geschieht. Die Processe sind theils physikalisch, in sofern sie die Aufnahme und Ausscheidung bedingen, theils chemisch, in so weit sie die Umänderung der Stoffe betreffen, theils morphologisch, indem sie die Fixirung der geeigneten Stoffe in bestimmter organischer Form zur Folge haben. Bei der Pflanze, die keine physiologisch bestimmten Organe hat, kann die Lehre von der Ernährung nicht nach den Functionen der einzelnen mitwirkenden Organe abgehandelt werden. Jede Zelle ernährt sich für sich und nach ihrer eigenthümlichen Natur auf andere Weise. Für die ganze Pflanze müssen wir daher die Eintheilungen ganz anders machen, indem wir einmal die physikalischen, chemischen und morphologischen Processe sondern; zweitens die Verschiedenheiten der ersteren nach der verschiedenen Natur des die Pflanze oder ihre Theile umgebenden Mittels betrachten; drittens aber noch die physikalischen und chemischen Processe nach folgender Eigenthümlichkeit im Wesen der ganzen Pflanze unterscheiden: bei der Selbstständigkeit des Lebens der einzelnen Zellen können nämlich in und an bestimmten Zellen Processe vor sich gehen, die für das Leben der benachbarten Zellen und somit der ganzen Pflanze ohne alle Bedeutung sind, während Vorgänge in an sich todten Zellen durch ihre Einwirkung auf andere lebende, doch noch für die ganze Pflanze wichtig werden können. Schliesslich ist dann noch die Vertheilung der aufgenommenen Stoffe in der ganzen Pflanze in's Auge zu fassen.

Aus dem im Paragraphen Mitgetheilten geht hervor, dass das traditionelle Fachwerk, wonach die Ernährung analog der thierischen Oekonomie in Nahrungsaufnahme, Assimilation, Athmung, Absonderung und Ausscheidung eingetheilt wird, für die

* S. meine »Beiträge zur Botanik« Bd. I., S. 103.

Pflanze völlig unbrauchbar und entschieden falsch ist. An der Stelle desselben lassen sich nun freilich noch keine einfachen, den Bedürfnissen der Organologie angemessenen Gesichtspunkte wieder aufstellen, weil hier nur noch ganz vereinzelte Thatsachen in viel zu geringer Zahl vorliegen, um eine auch nur ungefähre Uebersicht zu gewähren und danach das vorhandene, in vereinzelte Thatsachen zerfallende Material anordnen zu können. Nichts ist hier leichter einzusehen, als die Schiefheit und Verkehrtheit der bisherigen Auffassungsweise nach den dem thierischen Organismus entlehnten Formeln; nichts ist zur Zeit noch schwerer, ja unmöglicher, als eine neue, dem Pflanzenleben entsprechende Anordnung der Thatsachen zu geben, weil wir hier, wie fast überall, bei einem grossen Ballast völlig werthloser Untersuchungen, noch so gut wie gar kein brauchbares Material haben, welches wir zu Grunde legen könnten. Einerseits hat man sich damit begnügt, nach oberflächlicher Auffassung der leichter in die Augen fallenden Erscheinungen, über die denselben zu Grunde liegenden Vorgänge rein aus der Phantasie gegriffene Romane zusammenzuträumen, wobei selbst in unserem Jahrhundert zuweilen noch die ganze chemische und physikalische Rohheit und Unbeholfenheit des Mittelalters mitsprechen, theils hat man mit eben derselben physikalischen, chemischen und physiologischen Bildungslosigkeit die unsinnigsten Experimente angestellt und die daraus gewonnenen Resultate eben so sinnlos zu Theorien verarbeitet. Versuche, in denen man Pflanzen in gepulvertem Marmor, mit kohlensaurem Wasser begossen, wachsen liess und daraus ableitete, Kohlensäure tauge nicht zur Ernährung der Pflanzen, sind gerade so sinnlos, als wenn ein Zoolog ein Thier mit Strychnin füttern und daraus beweisen wollte, dass stickstoffhaltige Nahrungsmittel nicht gesund sind. Experimente über die Lebenserscheinungen in einer Pflanze können überall nur auf zweierlei Weise angestellt werden, wenn ihr Erfolg als Grundlage für Schlüsse irgend einen Werth haben soll, entweder indem wir die Pflanzen unter allen ihren natürlichen Bedingungen fortvegetiren lassen, aber unter Umständen, die es uns möglich machen, alle oder einzelne der dabei vor sich gehenden Processe nach Zeit, Maass und Gewicht der Rechnung zu unterwerfen, oder so, dass wir bei der Vegetation eine oder alle Bedingungen bis auf Eine völlig ausschliessen und den nach Zeit, Maass und Gewicht bestimmten Erfolg mit dem an einer ohne jene Beschränkung vegetirenden Pflanze vergleichen. Beide Arten von Versuchen können uns aber allein unserem Ziele, ein Verständniss der Lebenserscheinungen herbeizuführen, noch nicht näher rücken, wenn wir nicht gleichzeitig alle einzelnen, bei dem Pflanzenleben irgend in Frage kommenden Stoffe und Kräfte, unabhängig von der Pflanze, für sich einer genauen Untersuchung unterworfen und in allen ihren Eigenschaften vollständig erforscht haben. So z. B. sind seit *De Saussure* eine endlose Reihe von Versuchen über das Vermögen der Pflanzen, ihren Nahrungsstoff zu wählen, angestellt worden und die darauf gebauten Theorien, die darüber geführten Streitigkeiten füllen eine kleine Bibliothek. Ich dächte, wenigstens seit *Dutrochet's* Entdeckung wäre es gar leicht einzusehen, dass alles Reden darüber leer ist, so lange wir nicht untersucht haben, ob den organischen oder unorganischen in der Pflanze vorkommenden Stoffen nicht auch ausser derselben, unabhängig vom Leben der Pflanze, ein Wahlvermögen zukommt und welches, und wiefern dieses mit dem bei der Pflanze beobachteten übereinstimmt. Die Fragen müssten z. B. so gestellt werden: Wie verhält sich Eiweiss, Gummi und Zucker im endosmotischen Apparat gegen eine grosse Reihe auflöslicher Salze, und wie verhalten sie sich dann, wenn mehrere dieser Salze zu gleichen Theilen gemischt angewendet werden? Dazu müsste man insbesondere die im Boden und im Wasser allgemeiner verbreiteten Salze wählen. Wenn wir demnächst Pflanzen, bei denen wir den Inhalt der Wurzelzellen genau untersucht haben, in ähnlichem Salzgemische vegetiren lassen, so wird sich leicht ergeben, in wiefern die Aufnahme der Qualität und Quantität nach sich aus der blossen Mischungsanziehung von Eiweiss, Gummi, Zucker im Innern der Wurzelzellen ableiten lässt. Solcher vollständiger Reihen von Versuchen haben wir aber so

ausserordentlich wenige, dass, wenn man nicht sich und Andern etwas weiss machen oder statt Botanik Ackerbau und Gärtnerei vortragen will, man eben offen gestehen muss, dass wir von der Ernährung der Pflanze so gut wie gar nichts wissen. Von den im Paragraphen aufgestellten Gesichtspunkten gehört nun der morphologische dem schon im zweiten und dritten Buche Abgehandelten an, von allen übrigen bleiben uns nur noch folgende Andeutungen, für die einiges Material vorhanden ist.

I. Nahrungsmittel der Pflanze im Allgemeinen.
II. Aufnahme der Nahrungsstoffe und Ausscheidungen.
III. Assimilation der Nahrungsstoffe.
IV. Aeussere Bedingungen der Nahrungsaufnahme und Assimilation.
V. Saftbewegung in der Pflanze.

I. Nahrungsmittel der Pflanze im Allgemeinen.

§. 189.

Die vier Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, welche im Wesentlichen die organische Substanz bilden, sind in der Natur in beständiger Circulation begriffen. Wir finden sie zunächst in der Pflanzenwelt zu organischen Stoffen verbunden. Die Thierwelt ist mit ihrer Ernährung mittelbar (Fleischfresser) oder unmittelbar (Pflanzenfresser) ausschliesslich auf die Pflanzenwelt angewiesen. Durch den Lebensprocess der Thiere (Athmung und Perspiration), durch die Fäulniss und Verwesung ihrer Auswurfstoffe, so wie der abgestorbenen Thier- und Pflanzenkörper, endlich durch die Verbrennungsprocesse wird beständig die organische Substanz als solche vernichtet und als Wasser, Kohlensäure und kohlensaures Ammoniak, lauter flüchtige unorganische Verbindungen, an die Atmosphäre abgeliefert. An diese ist also wiederum die Pflanzenwelt ausschliesslich gewiesen, um die Materie wieder in den Kreislauf des Organischen einzuführen.

Vor Allem müssen wir in unserer inductiven Naturforschung stets nach Auffindung und Sicherstellung* von leitenden Maximen streben, nach denen wir über die Zulässigkeit der Hypothesen entscheiden, durch welche wir uns von Fictionen frei machen können. Eine solche leitende Maxime ist nun die im Paragraphen mitgetheilte Ansicht vom Stoffwechsel durch die drei Reiche der Natur. Man hat dieselbe in neuerer

---

* Um nicht im Folgenden bei jedem einzelnen Punkte wieder ausführlich citiren zu müssen, will ich hier sogleich ein für alle mal die Werke nennen, aus welchen ich die den folgenden Erörterungen zum Grunde gelegten Thatsachen entlehnt habe:

1. *Humboldt's* Reisen und *Essay sur la nouvelle Espagne.*
2. *Codazzi resumen de la geographia de Venezuela.*
3. *Darwin's* Reisen um die Welt, übersetzt von *D. Dieffenbach.*
4. *Blasius* Reise im europäischen Russland.
5. *Ure technical Dictionary* übersetzt von *Karmarsch u. Heeren.*
6. *Macculloch Dictionary of commerce and commercial navigation.* 1844.
7. *Liebig*, Organ. Chem., in Anwendung auf Agricultur u. Physiologie. 5. Aufl.
8. *Boussingault économie rurale. Paris* 1844.
9. *Loudon, encyclopaedia of agriculture. London* 1844.
10. Die Ansichten der deutschen Landwirthe *Block*, *Schwerz*, *Schweizer*, *Hlubeck* etc. nach dem »Handbuch für angehende Landwirthe etc.« von *J. v. K.* Leipzig 1843.
11. Endlich habe ich über manche auswärtige Culturmethoden noch die Privatmittheilungen einiger unterrichteten Eingebornen und Reisenden benutzen können.

Zeit wohl als *Liebig's* Theorie der Pflanzenernährung bezeichnet; dies ist in doppelter Weise unrichtig, denn einmal ist es gar keine Theorie der Pflanzenernährung und zweitens stammt sie nicht von *Liebig*, sondern ist von *Priestley* bis auf unsere Zeiten durch die bedeutendsten Forscher ganz allmälig ausgebildet. Wohl hat *Liebig* in neuester Zeit am bestimmtesten auf ihre allgemeine Anerkennung gedrungen und ihre wichtige Bedeutung für die Fortbildung der Pflanzenphysiologie auch wohl geahnt, aber ohne dieses deutlich aussprechen zu können. Es bleibt ihm indess das eben so grosse Verdienst auf die Bearbeitung der ganzen Aufgabe eine neue Methode angewendet zu haben, welche eigentlich von *A. v. Humboldt** zuerst in die Naturwissenschaften überhaupt eingeführt ist, nämlich die von der untergeordneten Beobachtung im Einzelnen zunächst ganz abzusehen** und sich direct an die grossen, massenhaften Erscheinungen in der Natur zu wenden, um hier, wo die Fehlergrenzen eben der grossen Zahlen wegen ihre Minimalwerthe erreichen, Berechnungen aufzustellen, die sich dann der Beurtheilung im Kleinen und Einzelnen als sichere Ausgangspunkte zum Grunde legen lassen.

Bei dem grossen Einfluss aber, den stets leitende Maximen ausüben, indem sie nicht einzelne Thatsachen oder Gruppen von Thatsachen, sondern ganze Hypothesenkreise beherrschen, ist es aber auch vor allem nöthig, sie völlig sicher zu stellen und mit der grössten Strenge die Beweisführung für dieselben zu prüfen. — Zu den gewöhnlichsten Beweisen gehört der, welcher auch von *Liebig* wieder sehr in den Vordergrund geschoben ist, nämlich die angebliche Constanz der Atmosphäre: »Athmung und Verbrennung consumiren ungeheure Massen Sauerstoff, doch bleibt der Sauerstoffgehalt der Luft sich gleich, folglich muss die Pflanzenwelt sich aus der erzeugten Kohlensäure den Kohlenstoff aneignen und den Sauerstoff wieder frei machen.« Prüfen wir diese Ansicht, so zeigt sich uns Folgendes: Verwandelt ein Mensch im Jahr 225 Pfd. Kohlenstoff in Kohlensäure***, also eine Milliarde 2250 Mill. Ctr., nehmen wir das Doppelte für alle Thiere an†, also im Ganzen 6750 Mill. Ctr., so werden dazu an Sauerstoff verbraucht 18,000 Mill. Ctr. Jährlich werden mit den Steinkohlen etwa 500 Mill. Ctr. Kohlenstoff verbrannt††; die übrigen Verbrennungsprocesse auf das Doppelte angeschlagen giebt im Ganzen 1500 Mill. Ctr. C, welche 4000 Mill. Ctr. O consumiren. Danach beträgt die Consumtion an O in 300 Jahren 660 Bill. Pfd., also fast genau $\frac{1}{40}$ % des gegenwärtigen Gehalts der Atmosphäre†††, fiele also immer noch weit innerhalb der Schwankungen unserer eudiometrischen Be-

* Das wahrhaft Epoche machende Talent in der Entwickelungsgeschichte der Naturwissenschaft zeigt sich überall nicht in der Auffindung einzelner Thatsachen und Gesetze, sondern im Anbahnen neuer Wege, in der Entdeckung neuer Methoden.

** Zu welchen Albernheiten und Charlatanerien ein solches Herumknausern an Einzelheiten bei mangelndem Ueberblick führen kann, zeigt in neuester Zeit wieder auf das Deutlichste *C. H. Schultz*, die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung etc. Berlin 1844.

*** Nach *Liebig* verbraucht der Mensch täglich zwischen 27,8 Loth (S. 15) und 17 Loth (S. 37).

† Das Pferd nach *Boussingault* (*Annal. de Chem. et de Phys.* 70,1,136) 158$\frac{1}{4}$ Loth, eine Kuh 141$\frac{1}{2}$.

†† Nach *Ure* 677$\frac{1}{2}$ Mill. Ctr. Steinkohlen zu 71% C = 481 Mill. Ctr. C.

††† Der Gehalt der Atmosphäre beträgt nach den neueren Berechnungen des Professor *E. Schmid* (*Poggendorff's Annal.* 1850 und *Wackenroder's* Archiv für Pharmacie 1850) in Preussischen Pfunden

2,551586	Billionen Pfd.	Sauerstoff
8,544932	- -	Stickstoff
8440	- -	Kohlensäure
11,104950	Billionen Pfd.	Atmosphärische Luft.

Davon würde noch nicht ganz 1% abgehen, wenn man die von *Schrön* (*Wackenroder's* Archiv 1849) in Vorschlag gebrachte Correction wegen Erhebung des Festlandes in Anwendung bringt.

stimmungen, wenn wir auch vor 300 Jahren eben so genaue Beobachtungen gehabt hätten wie jetzt. Alle diese Annahmen sind aber noch viel höher, als die von Andern bisher angegebenen, wenn auch, wie sich später ergeben wird, weit unter der Wahrheit. Mit dem angeblich constanten Sauerstoffgehalt der Atmosphäre ist also gar nichts anzufangen. Bei weitem richtiger lässt sich schon die Berechnung so stellen, dass man nur den Kohlensäuregehalt der Luft berücksichtigt. Nach den obigen Daten erhalten wir jährlich durch Athmungs- und Verbrennungsprocesse etwa 30,000 Mill. Ctr. CO^2 oder in 5000 Jahren 15,000 Billionen Pfd. Leider können wir die Ausströmungen der Vulkane auch nicht einmal annäherungsweise schätzen, sie liefern aber gewiss nicht viel geringere Mengen CO^2 als Athmung und Verbrennung, und es müsste also 2 bis 4 mal so viel CO^2 in unserer Atmosphäre vorhanden sein, als sich in der That darin findet, wenn nicht ein ganz gesetzmässiger Abfluss, ein Process in der Natur existirte, welcher beständig die Kohlensäure wieder in der organischen Substanz fixirte. Aehnliches liesse sich vielleicht vom Ammoniak durchführen. — Ebenso wenig taugt der *Liebig*'sche Beweis etwas, dass die organische Substanz des Bodens (der Humus) auf keine Weise in genügender Menge in die Pflanzen gelangen könne, um ihren Kohlenstoffbedarf zu decken, da er von der ganz falschen Grundlage ausgeht, dass dem Boden das Wasser ausschliesslich durch den Regen zugeführt werde (welcher wohl nur den geringsten Theil liefert), und nur auf humussauren Kalk Rücksicht nimmt, das überall nothwendig vorhandene humussaure Ammoniak aber vernachlässigt, wodurch der Pflanze mehr als genug C zugeführt werden könnte. — Dagegen ist bei weitem annehmlicher der Nachweis, den *Liebig* doch nur andeutet, dass, wenn auch im Einzelnen der Humus in genügender Menge in die Pflanze gelangen könnte, doch nicht Humus genug vorhanden sei, um den Kohlenstoffbedarf der gesammten Pflanzenwelt zu decken, worauf ich sogleich zurückkommen werde.

Ich halte folgenden Gang der Untersuchung für den allein richtigen, um die Wahrheit der aufgestellten Ansicht einleuchtend zu machen und sicher zu stellen. Wenn wir von bestimmten geologischen Hypothesen ganz absehen, so muss doch die Erde als solche eine Entstehungsgeschichte haben, ich will es hier kurz mit Schöpfung bezeichnen. Vor derselben gab es für die Erde natürlich keine organische Substanz. Es sind nun aber nur zwei Möglichkeiten denkbar, entweder wurde eine bestimmte Quantität organischer Materie gleich mitgeschaffen, oder diese bildete sich allmälig und noch fortwährend aus der unorganischen Substanz. Alle, welche die organische Substanz der Pflanzen aus den organischen Stoffen des Bodens ableiten, setzen bewusst oder unbewusst in folgender Weise die erste Hypothese voraus. »Es giebt eine gewisse Quantität organischen Stoffes, welche in der Weise zwischen Pflanze und Thierwelt circulirt, dass allemal die Producte, Auswurfsstoffe und die Leichen des einen Reichs die Nahrung für das andere hergeben.« *A priori* hätte diese Ansicht nichts Unwahrscheinliches, aber sie ist der Erfahrung nach unmöglich, da der Lebensprocess der Thiere, die Verwesung (Fäulniss) und Verbrennung dazwischen treten. Dadurch wird stets ein grosser Theil des organischen Stoffes in unorganische Verbindungen übergeführt. Die organische Materie müsste sich also stets vermindern und jetzt längst völlig verbraucht sein. Der Verbrennungsprocess vernichtet bekanntlich die organische Materie als solche ganz, auch die Verwesung und Fäulniss kennt keine andere Grenze, als die völlige Auflösung der organischen Verbindungen in unorganische. Sehen wir endlich den Ernährungsprocess genauer an, der insbesondere für die Culturpflanzen im Dünger die Gesammtmenge des organischen Stoffs liefern soll, so finden wir Folgendes*:

---

* Hierbei sind insbesondere die Angaben von *Boussingault* benutzt, aber auch die deutschen landwirthschaftlichen Ansichten verglichen, um möglichst einfache und brauchbare Mittelwerthe zu erhalten.

Ein Arbeitspferd erhält täglich

in	trockne organische Substanz	
15 Pfd. Heu	11,74 Pfd.	
5 - Hafer	4,07 -	
5 - Streustroh	3,40 -	
	19,21 -	19,21 Pfd.
es liefert täglich in		
33,31 Pfd. Urin und Koth	6,56 Pfd.	
5,00 - Streustroh	3,40 -	
	9,96 Pfd.	
Frischer Mist verliert, bis er auf den Acker kommt noch ⅙ =	1,66 -	
	8,30 Pfd.	8,30 -
Verlust an organischer Materie vom Product des Feldes bis zum Mist		10,91 Pfd. = 56 %

Eine Milchkuh erhält täglich

32 Pfd. Kartoffeln	8,46 Pfd.	
16 - Grummet	12,15 -	
8 - Streustroh	5,44 -	
	26,05 Pfd.	26,05 Pfd.
liefert täglich		
78,28 Pfd. Urin und Koth	8,77 Pfd.	
8,00 - Streustroh	5,44 -	
	14,21 -	
Davon ⅙ Verlust	2,36 -	
	11,85 Pfd.	11,85 -
Gesammtverlust an organischer Materie		14,2 Pfd. = 54 %

Ein Schwein mittlerer Grösse erhält täglich

15 Pfd. Kartoffeln	3,96 Pfd.	
4 - Streustroh	2,72 -	
	6,68 -	6,68 Pfd.
liefert täglich		
9 Pfd. Urin und Koth	1,28 Pfd.	
4 - Streustroh	2,72 -	
	4,00 -	
Davon ⅙ Verlust =	0,66 -	
	3,33 -	3,33 Pfd.
Gesammtverlust an organischer Materie		3,35 = 50 %

Wenn wir auch zu ähnlichen Berechnungen im Bezug auf den Menschen noch keine hinlänglich sichern Grundlagen haben, so geht doch wenigstens aus den von *Valentin* (Physiol. Bd. I.) und *Liebig* (Organ. Chemie in Anw. auf Phys. und Path.) mitgetheilten Thatsachen hervor, dass der Verlust an organischer Materie beim Durchgang durch den menschlichen Körper eher grösser als geringer ist, als bei irgend einem Thiere. Wie schnell dieser Verlust an organischer Substanz bei der Ernährung der Thiere sich bemerklich machen müsste, lässt sich leicht an einem grössern Beispiele zeigen. Nach officiellen Angaben* betrug der gesammte Viehstand im Jahr 1844 in

* Gewerbeblatt für Sachsen 1844, No. 59. S. 327.

Frankreich: grosse Thiere (Stiere, Ochsen, Kühe, Hengste, Wallachen, Stuten und Maulthiere) = 10,709,391 Stück, kleine Thiere (Esel, Kälber, Füllen, Schweine, Schaafe und Ziegen) = 30,859,454 St. Den täglichen Verlust an organischer Materie bei jenen zu 11, bei diesen zu 3 Pfd. gerechnet, werden durch ihre Ernährung in einem Jahre circa 76,789 Mill. Pfd. organischer Substanz vernichtet oder (jedes grosse Thier zu 1000 Pfd., jedes kleine zu 600 Pfd. *à* 5% trockner organischer Substanz sicher noch viel zu hoch angeschlagen) etwa 6mal so viel als der gesammte Viehstand beträgt. Nimmt man nun auch den Gesammtbestand an organischer Materie im Thier- und Pflanzenreich 600mal so gross an, als der durch den Viehstand repräsentirte, so würde durch den Verlust bei der Ernährung Frankreich doch schon in einem Jahrhundert eine absolute Wüste geworden sein.

Aus diesen Thatsachen lässt sich als völlig sicheres Resultat ableiten, dass die organische Substanz, so weit sie verbrannt wird, ganz und, so weit sie als Nahrungsmittel dient, zur Hälfte zerstört wird, so dass sie schon in 100 Jahren auf fast Nichts reducirt sein müsste. — Nun zeigt sich uns aber sowohl innerhalb der Geschichte der Erde, wie innerhalb der Menschengeschichte, dort von geologischer Periode zu Periode, hier von Jahrhundert zu Jahrhundert nicht eine Abnahme, sondern eine beständige Zunahme des organischen Lebens auf der Erde. Es muss also fortwährend unorganische Materie in organische Verbindungen übergeführt werden. Es scheint durch physiologische Untersuchungen völlig sichergestellt zu sein, dass das im Thierkörper nicht stattfinden kann*. Wir kennen keine Thatsache in der ganzen Natur, die auch nur entfernt darauf hindeutet, dass unorganische Stoffe ausserhalb des Organismus in organische Verbindungen übergehen könnten. Im Gegentheil zeigen alle Erfahrungen, dass die organische Substanz sich selbst überlassen allemal unaufhaltsam in unorganische Verbindungen zersetzt wird. Die einzige Möglichkeit, die wir daher als Naturgesetze festhalten müssen, ist also, dass die Pflanzen die unorganischen Stoffe in organische Verbindungen überführen. Nun sind die einzig allgemein verbreiteten Verbindungen, deren die Pflanze sich bemächtigen kann, um Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff zu assimiliren, die Kohlensäure, das Wasser und kohlensaure Ammoniak der Atmosphäre, auf diese muss also die Pflanzenwelt im Ganzen ausschliesslich mit ihrem Nahrungsbedürfniss angewiesen sein**. Dies Gesetz gilt aber nicht allein für die Pflanzenwelt im Allgemeinen, sondern es gilt auch für die Culturpflanzen insbesondere, wie sich leicht aus der gegebenen Berechnung der Düngerproduction ergiebt, wenn wir bedenken, dass ein gut bewirthschaftetes Gut sich selbst erhält, dass ein bedeutender Theil organischer Substanz jährlich mit Korn,

---

* Man vergl. *Valentin*, *Liebig*, *Mulder* etc.

** Der hier ausgeführte Gedanke scheint *Liebig* dunkel vorgeschwebt zu haben, wenn er sagte: »einen Urhumus kann es nicht geben,« ein Satz, der dem Wortsinne nach gar keine Bedeutung hat. Auf jeden Fall mussten bei der Bildung der Erde die unorganischen Stoffe zu organischen zusammentreten noch ehe ein Organismus selbst vorhanden war, sei es als organischer Keim oder als organische Substanz, aus welcher sich der Keim erst bildete. Da wir über diesen Punkt aber gerade so unwissend sind, und vielleicht auch bleiben werden, wie über das organische Leben auf dem Sirius, so wäre es völlig thöricht, zu behaupten, diese oder jene Verbindung könne nicht entstanden sein, wenn sie an sich eine chemisch mögliche ist. Es liesse sich denken, dass durch eigne Processe z. B. zuerst *Dextrin* und *Protein* entstanden und dass während der Zersetzung dieser Stoffe zu Humus und eben durch diesen Zersetzungsprocess begünstigt die erste Pflanzenzelle gebildet wäre. Da hätten wir gleich einen Urhumus. Dass unter den jetzigen Naturbedingungen auf der Erde ausserhalb des Organismus kein *Dextrin* und kein *Protein* mehr gebildet wird, kann mit jener Annahme so gut bestehen, wie die wohl von den ausgezeichnetsten Forschern jetzt allgemein getheilte Ansicht, dass jetzt auch kein specifisch bestimmter Keim mehr ohne mütterlichen Organismus entstehe, ungeachtet doch solche einmal auf der Erde entstanden sein müssen.

Käse, Butter, Wolle u. s. w. ausgeführt, kein organischer Dünger eingeführt und die auf dem Gute bleibende organische Substanz bei ihrer Benutzung als Nahrungsstoff auf die Hälfte reducirt wird. — Die von *Boussingault*, einem so ausgezeichneten praktischen Landmanne, angegebenen Zahlen stellen das Verhältniss der jährlich mit dem Dünger auf den Morgen gebrachten trocknen organischen Substanz zu dem jährlich darauf gewonnenen Product im Durchschnitt der 21 Jahre umfassenden Angaben auf 33 : 124, so dass also stets fast $^3/_4$ von dem schon vorhandenen Humus gedeckt werden müsste, wodurch offenbar jeder Boden binnen sehr kurzer Zeit völlig an organischer Substanz erschöpft sein würde. — Nach *Davy's* Agriculturchemie enthält:

	organische Materie und Salze.
Guter Boden zur Hopfencultur	8,0 %
- - zu Turnips	0,6 -
Sehr guter Boden zu Weizen	4,4 -
Ausserordentlich fruchtbarer Boden	2,8 -
Guter Boden	1,4 -
Ausgezeichneter Wiesenboden	12,7 -

Es zeigt sich daraus, dass offenbar die Fruchtbarkeit des Bodens in gar keiner Beziehung zum Gehalt an organischer Substanz steht, sondern diese letztere vielmehr umgekehrt von der Natur der cultivirten Pflanzen und der Art der Bodenbearbeitung abhängig erscheint.

Wir können aber noch einen ganz andern Ueberblick über die Pflanzencultur erhalten, wenn wir nicht, wie bisher, uns willkürlich auf den kleinen winzigen Fleck Erde beschränken, auf welchen sich unsere tiefsinnigen landwirthschaftlichen Handbücher beziehen. Schon *Loudon* theilte eine Uebersicht der Arten des Landbaues mit, nach folgendem Schema:

1. Ackerbau mit ausschliesslicher Bewässerung bis zum 35° auf jeder Seite des Aequators,
2. Ackerbau mit Bewässerung und Düngung vom 35° bis zum 45°,
3. Ackerbau mit Austrocknung und Düngung vom 45° bis zum 67° der Breite.

Da die letztere Zone nur auf der nördlichen Halbkugel eine bedeutendere Fläche Landes enthält, da durch Localverhältnisse bedingt auch in der zweiten und selbst in der dritten Zone bedeutende Landstriche und namentlich bestimmte Culturpflanzen ebenfalls ohne Düngung nur durch Bewässerung gezogen werden, so sagt man sicher nicht zu viel, wenn man behauptet, dass überhaupt $^3/_4$ alles Pflanzenbaues ganz ohne Anwendung von organischem Dünger von Statten geht und dass gerade bei diesen Culturen der Ertrag unendlich viel höher ist, als er irgendwo in den ungünstigen Gegenden durch Hülfe des Düngers erzeugt werden kann. Leider haben die Reisenden viel zu wenig auf die Art und Weise, in welcher in den verschiedenen Ländern die Pflanzencultur betrieben wird, geachtet. Gleichwohl können wir den Mais, Reis, das Zuckerrohr, die Plantanen und Bananen, die Manjoc- und Yamswurzel, den Kaffee u. s. w. als solche Pflanzen nennen, die mit nicht in Anschlag zu bringenden Ausnahmen nie gedüngt werden; wir können das mittlere Russland, in Spanien die Umgegend von Mallaga, Arabien, Hindostan, Birman, Java, Ceylon, Malacca, Siam, Cochinchina, Tonquin, einen Theil von Japan und China, van Diemensland, einen Theil von Neuholland, Polynesien, Abyssinien, Aegypten, Marocco, das Capland, Madagascar und Madeira, Chile, Mexico und Brasilien und einen Theil von Canada und Nordamerika als solche Länder nennen, in denen man keinen organischen Dünger anwendet und nur durch Bewässerung das Gedeihen der Culturpflanzen hervorruft (*Loudon*). — Mit einem Wort, die Art wie man bisher die Erfahrungen des Ackerbaus für die Ernährungstheorie der Pflanzen verwendet hat, bewegt sich gar sehr in dem beschränkten Horizont der kleinstädtischen Philister.

Nach diesem Grundsatz erhalten wir denn das Recht, jede Theorie der Pflanzen-

ernährung ungehört abzuweisen, die demselben in ihren Grundlagen von vorn herein widerspricht und insbesondere alle die Theorien, die als Hauptnahrungsstoff für die Pflanzen organische Materie voraussetzen.

Wenn der leitende Grundsatz durch die obige Entwickelung nun auch vollkommen festgestellt scheint, so darf man doch auch keine einzelne Thatsache verschmähen, die geeignet wäre, ihn noch ferner zu begründen, zu unterstützen. — Dazu mag zunächst die Betrachtung kleiner Theile der Erdoberfläche dienen, die wir ebenfalls einigermaassen als abgeschlossene Ganze ansehen können.

Die Pampas* von Buenos Ayres zeigten bei ihrer Entdeckung durch die Spanier ganz denselben Charakter wie noch jetzt. Endlose Ebenen, mit einem meist dürftigen, nur stellenweise in den Niederungen üppigen Graswuchs und hin und wieder mit kurzem Gestrüpp von Algaroben und Acacien besetzt hegten, ausser den ernsthaften Bizcacho, den Turuturu und ähnlichen kleinen Thieren, nur die Strausse, Guanacoheerden und eine spärliche Bevölkerung. Das alles ist geblieben, aber die Spanier führten zwischen 1530 und 1532 Pferde und Rindvieh ein, welche sich bald in ungeheurem Maassstabe vermehrten, so dass General *Rosas'* Streifzüge gegen die Indianer oft in wenig Tagen 20,000 Pferde kosteten, dass zahllose Heerden von 15,000 Stück gänzlich wilder Pferde die Pampas durchstreifen und Pferd und Rindvieh fast gar keinen Werth hat. Dabei hat sich der Europäer dort ausgebreitet, in der Nähe der grösseren Städte hat sich die Vegetation üppiger entwickelt und die Artischocke und die Distel haben grosse Strecken in Besitz genommen. Kurz die organische Substanz hat sich in diesem Gebiete, weit entfernt sich zu vermindern, vielmehr bedeutend vermehrt. Gleichwohl hat das Land ohne allen nur irgend zu veranschlagenden Ersatz an organischer Materie seit jener Zeit in immer steigendem Maasse ungeheure Quantitäten organischer Substanz ausgeführt**. Schon die Häute allein entsprechen mindestens einem jährlichen Verluste von 60 Millionen Pfund organischer Substanz. Aber das ist nur ein unbedeutender Theil. Nach dem Abgange können wir jene Heerden ohne der Wahrheit auch nur nahe zu kommen, auf 20 Millionen Stück veranschlagen, und in einem Jahre vernichten diese durch den Ernährungsprocess 80,000 Millionen Pfd. organische Substanz oder in 100 Jahren 8 Billionen Pfund. Alle diese organische Substanz muss von den Pflanzen geliefert sein, und wer möchte die so unsinnige Behauptung aufstellen, dass alle diese Substanz als Humus oder sonst irgend eine organische Substanz in dem dürren Boden der Pampas gesteckt habe.

Ein grosser Theil des mittlern Russlands ist mit einem Boden bedeckt, der seiner Farbe wegen von den Russen *Tschornoisem,* schwarze Erde, genannt wird, und sich durch ausserordentliche Fruchtbarkeit auszeichnet. Die Landwirthschaft ist dort meistentheils die roheste von der Welt, an Düngung wird nie gedacht und man baut, ohne auf Fruchtfolge im Geringsten Rücksicht zu nehmen, alles, was augenblicklich den sichersten und vortheilhaftesten Absatz verspricht. *Berzelius* theilt eine Analyse dieses Bodens von *Herrmann* mit, nach welchem ein nie benutzter Boden enthält:

Quellsäure Quellsatzsäure Huminsäure	an Eisen und Alaunerde gebunden,	= 5,66 %
Humusextract	. . . .	= 3,10 %
Humin und Wurzeln	. . . .	= 1,66 %
		10,42 %

Ich will, was sicher zuviel ist, davon 6 % als reine organische Substanz annehmen.

---

* *Darwin* a. a. O. und *Tschichatschew's* Reisen durch die Pampas (Ausland, 1844, Sept.).

** Nach *M'Culloch* wurden nach fünfjährigem Durchschnitte von 1838 bis 1842 aus Montevideo und Buenos Ayres jährlich ausgeführt circa 90,000,000 Pfd. Ochsen- und Pferdehäute, 9,500,000 Pfd. Pferdehaare und 3,250,000 Pfd. Ochsenhörner.

Ein anderes, in alter Cultur befindliches, aber nie gedüngtes Feld enthielt von denselben Stoffen = 8,65 %, was nach demselben Verhältnisse = 4,8 % reiner organischer Substanz geben würde. Der Unterschied beträgt also 1,2 %. Der alte hessische Morgen (zu 40,000 □ F.) trägt nach *Block* mindestens 1710 Pfd. Stroh und 500 Pfd. Körner. Ich will nur 1200 Pfd. Stroh und 300 Pfd. Körner annehmen, diese enthalten zusammen 1076 Pfd. organische Substanz. Die Ackerkrume 12 Zoll tief, der Cubikfuss zu 2,0 P. sp. angenommen, hat der Morgen durch die Cultur 57,600 Pfd. von seinem ursprünglichen Gehalt an organischer Substanz verloren, was nach obiger Berechnung höchstens für eine Cultur von 500 Jahren hinreichte. Aber Dammerde verliert nach *Saussure* durch Verwesung im Jahre mindestens 5%, also nach obiger Annahme (von 6%) im ersten Jahre 14,400 Pfd., so dass jene 57,600 Pfd. den Gesammtverlust nicht für 10 Jahre gedeckt haben würden, was offenbar eine Absurdität ist. Dass jene Berechnungen im Ganzen richtig sind, was bei den Minimalannahmen nicht anders sein kann, beweist folgende auf äusserst genaue Bodenanalyse* sich stützende Berechnung. Die Acker der Saalaue bei Jena enthalten nahe bei 1% ammoniakhaltige Humussäure und gehören zu sehr schönem Weizenboden. Die spec. Schwere ist 2,59, also wiegt die Ackerkrume zu 12″ Tiefe auf dem althessischen Morgen von 40,000 □ F. 6,800,000 Pfd. und enthält folglich 68,000 Pfd. Humus. Da nach *Boussingault* ein in gutem Culturzustande befindlicher Boden im Mittel aller Cultur jährlich 1050 Pfd. organische Substanz für den Morgen mehr liefert, als er durch den Dünger empfangen hat, so müsste jener Acker in 70 Jahren völlig erschöpft sein, und sogar in 25, wenn man die Verwesung mitberechnet; nun ist aber jener Ackerboden vor Jahrhunderten gebildet aus dem Umbruche des Wiesenbodens der Saalaue und dieser Wiesenboden, ausgezeichnet durch seinen Graswuchs, enthält nur im Mittel von 5 nahebei gleichen Analysen 0,49 % Humus, also nur die Hälfte jenes lange cultivirten Ackerbodens.

Eine der auffälligsten Thatsachen, die nahe genug liegt, so dass sie längst die Vertheidiger der organischen Pflanzennahrung hätte aufklären müssen, wenn es ihnen nicht eben an allem freiem Ueberblicke fehlte, wird aber von der Alpwirthschaft geliefert. Kein Mensch denkt an Düngung der Alpweide, zahlreiche Heerden werden im Sommer von dem Gras und den Kräutern derselben ernährt und geben ihnen in den Excrementen höchstens die Hälfte der als Nahrung aufgenommenen organischen Substanz wieder, aber alljährlich werden die grossen Quantitäten Käse, dessen organische Substanz jene Alpweiden hergegeben haben, von den Alpen herabgeführt, ohne dass auch nur ein Gedanke an Ersatz stattfände, ja häufig wird auch noch Heu gewonnen und für den Winterbedarf mit in die Thäler genommen. Und diese Ausbeutung der Alpen dauert schon viele Jahrhunderte, bei manchen wohl schon Jahrtausende, und nie hat Jemand eine Abnahme der Fruchtbarkeit dieser Alpen bemerkt. Kann Einer ein solcher Thor sein, behaupten zu wollen, dass die dünne magere Erddecke, welche oft auf nacktem Fels liegt, in der That so reich an organischer Substanz gewesen sei, um diesen beständigen Verlust ohne merkliche Veränderungen zu ertragen?

Endlich kann man nur für irgend ein beliebiges Culturland den Ueberschlag machen. Im Mittel sämmtlicher von *Boussingault* mitgetheilten und berechneten Culturen liefert ein Morgen guten Culturbodens jährlich etwa 2480 Pfd. trockne organische Substanz und empfängt im Dünger nur 795 Pfd.**, also nicht einmal den dritten Theil. Jeder

---

* Ich habe theils die Mittheilung des Prof. *Schmid* über Muschelkalk und Muschelkalkboden (Archiv d. Pharm. Bd. 86 S. 151), theils das Journal des von demselben geleiteten Laboratorium des Jena'schen landwirthschaftlichen Institus benutzt.

** Ein Einwurf, den *Liebig* den *Boussingault'schen* Dünger-Analysen gemacht, dass er nämlich beim Austrocknen den grössten Theil des Ammoniak verjagt, trifft nicht die Anwendung, die ich hier von *Boussingault's* Angaben gemacht habe, da ich nur die trockne organische Substanz des Düngers in Betrachtung gezogen habe.

gut cultivirte Boden wird aber trotz des noch hinzukommenden Verlustes bei der fortgehenden und durch die Bearbeitung sehr beschleunigten Verwesung nicht ärmer, sondern vielleicht eher um ein Geringes reicher an Humus. — Zu alle dem bedurfte es aber nicht einmal der *Boussingault'*schen Untersuchungen, denn wenn man das erste beste Handbuch der Landwirthschaft zur Hand nimmt, so ergiebt die Berechnung der von den Humustheoretikern selbst gegebenen Anschläge die völlige Absurdität, die Hauptnahrung der Pflanze in den organischen Bestandtheilen des Bodens zu suchen *.

Einen interessanten Versuch im Kleinen hat *Boussingault* angestellt, er säete 1,072 mgr. Erbsen in ein Gemenge von ausgeglühtem Thon und Sand und begoss sie mit destillirtem Wasser, die reife Ernte betrug 4,441 mgr., also 4,14mal so viel als die Aussaat. Nach *Block* wird auf den Morgen 138 Pfd. gesäet und (im dritten Jahre der Düngung) 880 Pfd. geerntet. Auf ausgeglühtem Thon oder in Quarzsand würde die Ernte 571,32 Pfd. betragen haben und wie viel mehr ist in dem *Boussingault'*schen Versuche noch ausgeschlossen, als blos die organische Substanz im Boden, wie vieles, was so unbedingt nothwendig für die gesunde Entwickelung der Erbsen ist. Denselben Versuch macht man auch schon seit vielen Jahrhunderten im Grossen und mit bei weitem glänzenderem Erfolg auf Cuba und seit etwa 60 Jahren in Frankreich. Die sogenannte *Tierra colorada* auf den höher gelegenen Gegenden der Insel Cuba, welche jahraus jahrein die reichsten Ernten an Kaffee und Indigo liefert, ohne jemals gedüngt worden zu sein, ist ein reiner Thonboden, den man vielleicht anderswo ein Eisenerz nennen würde. Eine sehr sorgfältige Analyse dieser Erde im Laboratorium des hiesigen landwirthschaftlichen Instituts von Herrn *Wapler* ausgeführt, gab folgendes Resultat:

Die Erde ist sehr fein, enthält nur wenig nicht abschlemmbaren Quarz und krystallinische Kalkstückchen, fühlt sich milde an, ist dunkelrothbraun.

A.	In Salzsäure löslich		24,0
	Eisenoxyd	12,20	
	Thonerde	6,00	
	kohlensauren Kalk	5,80	
	Talkerde	Spuren	
		24,00	
B.	In Salzsäure unlöslich		75,4
	a. In Ammoniak lösliche Humussäure	Spuren	
	b. In Schwefelsäure löslich		
	Kali	1,41	
	Thonerde mit Spuren von Eisenoxyd	34,34	
	Talkerde	0,71	
	c. Kieselerde	38,94	
		75,4	
C.	Verlust		0,6
			100,00

In Frankreich hat man diese Versuche zwischen den Mündungen der Gironde und

* So z. B. giebt nach den Anschlägen von *Block* (Mittheilungen landwirthschaftlicher Erfahrungen und Grundsätze Bd. 1 und 3) guter Weizenboden im Durchschnitt verschiedener Culturen jährlich für den Morgen 2075 Pfd. trockner Substanz der Ernte und erhält 1167 Pfd. trocknen Düngers, also doch fast nur die Hälfte, nun aber enthält der Dünger im Mittel 30%, sämmtliche Culturpflanzen im Mittel nur 5% Aschenbestandtheile, so dass das Verhältniss der organischen Substanz wie 794 zu 1971 wird.

des Adour angestellt. Die Sanddünen, vom Meere angespült und vom Westwinde als Flugsand ins Innere geführt, drohten ganze Landstriche zur Sahara zu machen und ganz auf dieselbe Weise. Nach vielen vergeblichen Versuchen, durch Holzbauten dem Feinde eine Schranke zu setzen, kam man im Jahre 1787 auf den gesunden Einfall, jene Hügel des dürrsten Flugsandes mit Nadelholz zu bestanden. Dies gelang vortrefflich und im Jahre 1809 waren bereits fast 15,000 hessische Morgen in Nadelwald verwandelt, der auf dem dürrsten, von aller organischen Substanz völlig entblössten Sande gewachsen war. — Ganz dieselbe Erscheinung zeigen aber auch die Kieferhaiden der Mark und die Oasen der Sahara. Ueberall, wo die unorganischen Bestandtheile des Bodens passend sind und Wasser in hinreichender Menge sich findet, ist Vegetation möglich und wirklich auf der Erde.

Endlich will ich hier noch auf einen Punkt aufmerksam machen, den ich leider nicht mit Zahlen belegen kann, weil es an allen Versuchen dazu fehlt. Unsere ökonomischen Einrichtungen und die Art und Weise wie das Regenwasser nothwendig zum Theil unsern Culturboden auswäscht und seine auflöslichen Bestandtheile den Bächen und Flüssen zuführt, machen es gewiss, dass alle Ströme jährlich eine grosse Quantität organischer Substanz, welche dem Lande entstammt, dem Meere zuführen. Könnte man diesen Verlust nun für die bedeutenderen Ströme nach Bestimmung der Wassermenge und chemischen Analysen berechnen, so würde man wahrscheinlich finden, dass diese Quantität alle Vorstellungen übersteigt; ich will hier nur auf die auffälligsten Erscheinungen am Amazonenstrom und Missisippi erinnern und an die ungeheuern Massen nicht blos organischer Substanz, sondern sogar ganzer Pflanzen- und Thierleichen, welche durch diese Ströme jährlich dem Meere zugeführt werden.

Kurz man mag die Sache betrachten wie man will, die Theorien, welche die Nahrung der Pflanzen in den organischen Substanzen des Bodens als solchen suchen, sind ein merkwürdiges Beispiel, zu welchen Verkehrtheiten eine sogenannte theoretische Naturforschung ohne leitende Maximen kommen kann, von denen eine der allgemeinsten und handgreiflichsten doch immer die ist, dass eine Hypothese wenigstens möglich sein muss, um zugelassen zu werden. Wie ganz gedankenlos die Humustheoretiker zum Theil zu Werke gegangen sind, zeigt statt vieler ein Beispiel. Nach *Sprengel* erhalten die Pflanzen ihren Kohlenstoff hauptsächlich als Humussäure. Diese nehmen sie als humussauren Kalk auf und die Vortheilhaftigkeit des Kalkens des Ackers soll in der Bildung von humussaurem Kalk liegen. Dieser enthält nach *Sprengel* selbst auf 1 Pfd. Kalk 10,9 Pfd. Humussäure. Aber eine Weizenernte (im 4. Jahre der Düngung nach *Block*) von einem Morgen enthält in Stroh und Körnern 1071,24 Pfd. C, diese entsprechen 1552,52 Pfd. Huminsäure, welche 142,43 Pfd. Kalk brauchten, um humussauern Kalk zu bilden. Jener Weizen enthält aber höchstens im Korn 0,527 Pfd., im Stroh 8,873 Pfd. Kalk, also etwa nur $\frac{1}{15}$ dessen, was er enthalten müsste. Ja, nimmt man selbst die für jene Ansicht vortheilhafteste Pflanze, den Klee, so enthält dieser doch (im 3. Jahre der Düngung nach *Block*) 1020,73 Pfd. C = 1479,32 Humussäure, diese führt 135,7 Pfd. Kalk in die Pflanze ein, während der Klee doch nur 40,29 Pfd. oder etwa $\frac{1}{3}$ enthält*.

* Durch die Abwesenheit der nöthigen Quantiät Basen allein kann man schon die Unmöglichkeit der Ernährung der Pflanze durch Humussäure erweisen. — Dagegen sind *Liebig's* Versuche, die Unmöglichkeit aus der Schwerlöslichkeit der Humussäure und ihrer Salze abzuleiten, als verfehlt zu betrachten; denn der auf den Boden fallende Regen nennt nur die geringste Menge der Feuchtigkeit, welche in den Bereich der Pflanze kommt, der Thau und besonders die Absorption der Wasserdünste durch Thon, Humus etc. führen dem Boden ungleich grössere Mengen zu. An Wasser würde es also wahrscheinlich nicht fehlen. Ein Morgen à 40,000 □ F. Wiesenland verdunstet nach *Schübler* in 120 Vegetationstagen etwa 6 Millionen Pfd. Wasser, das heisst, ungefähr 12mal so viel, als in derselben Zeit im Mittel in Deutschland (Tübingen) auf eine gleiche Fläche als Regenwasser fällt.

§. 190.

Die organische Substanz der Pflanzen, so weit sie bei der Ernährung derselben bis jetzt in Frage kommen kann, bildet zwei Reihen, die der stickstofffreien und der stickstoffhaltigen Verbindungen; die erstere Reihe trennt sich dann in drei Gruppen, solche, bei denen, neben dem Kohlenstoffe, Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniss, wie sie Wasser bilden, vorhanden sind (die Gruppe der Dextrine), solche, in denen Sauerstoff im Ueberschuss sich findet (die Gruppe der Pflanzensäuren) und solche, in denen derselbe in zu geringer Menge oder gar nicht vorhanden ist (die Gruppe der Fette). Die zweite Reihe (die Reihe der Proteinverbindungen) enthält gewöhnlich neben den vier Elementen noch Schwefel und Phosphor. Den Wasserstoff und Sauerstoff erhalten die Pflanzen stets in genügender Menge durch das Wasser, ohne welches keine Vegetation denkbar ist, der Kohlenstoff wird mit der Kohlensäure gegeben, welche durch Verbrennungs- und Athmungsprocesse, durch Verwesung und vulkanische Ausströmungen fortwährend der Atmosphäre mitgetheilt wird und stets den Pflanzen in genügender Menge zu Gebote steht. Der Stickstoff wird als Ammoniak oder Ammoniaksalz aufgenommen. Der Anfang der Verbrennung (Verkohlung), die Transspiration, die Verwesungs- und Fäulnissprocesse, die Ausströmungen aus den Vulkanen liefern diese Ammoniaksalze. Schwefel und Phosphor stammen wahrscheinlich aus Phosphor- und Schwefelwasserstoff. Letzterer bildet sich überall, wo schwefelhaltige Proteinverbindungen faulen und organische Stoffe in Berührung mit schwefelsauren Salzen sich zersetzen, und werden in grosser Menge durch vulkanische Processe (Schwefelquellen) geliefert.

Im vorigen Paragraphen habe ich gezeigt, wie die Pflanze im Allgemeinen auf der ganzen Erde, wie in besonderen beliebigen Flächentheilen, die sich als geschlossne Ganze ansehen lassen, mit ihrem Nahrungsbedürfniss nothwendig wesentlich an die unorganische Welt gewiesen sein muss, wie die organische Substanz in keiner Weise in einem nur irgend in Anschlag zu bringenden Verhältnisse zur Ernährung der Pflanzen beitragen könne. Hier muss aber noch insbesondere für die einzelnen Elemente der Beweis geführt werden, dass sich die Pflanze derselben nicht in Form organischer, sondern nur in Form unorganischer Verbindungen bemächtigt und es müssen die wesentlichsten Quellen dieser Verbindungen aufgewiesen werden. Hierbei kann ich aber den Sauerstoff und Wasserstoff zunächst ganz bei Seite liegen lassen, da keine Pflanze ohne Wasser vegetiren kann und davon bei weitem mehr aufnimmt, als sie zur Deckung ihres Wasser- und Sauerstoffgehalts bedarf. Dagegen muss ich Schwefel und Phosphor wegen ihrer Verbindung mit dem Protein zu Eiweiss, Faserstoff und Käsestoff hier erwähnen. Für den Kohlenstoff und Stickstoff gelten freilich im Ganzen auch alle die Betrachtungen, welche schon für die organische Substanz im Allgemeinen mitgetheilt sind, nur ist hier Manches besonders auszuführen und für den Kohlenstoff lassen sich noch einige interessante Thatsachen beibringen, während für den Stickstoff, insbesondere über die Quellen des Ammoniaks genauer zu sprechen ist.

1. Kohlenstoff. Zunächst gehe ich hier von folgenden Betrachtungen aus. Ueberall auf der Erde kennt der Mensch, vielleicht mit Ausnahme einiger wenig zahlreichen, gar nicht in Betracht kommenden Stämme, den Gebrauch des Feuers zur Bereitung der Nahrungsmittel so wie in den gemässigten und kalten Zonen zur Erwärmung, in den heissen Zonen zur Abhaltung der wilden Thiere oder Insecten, endlich bei den civilisirten Nationen zu unzähligen technischen Zwecken. Unter den civilisirteren Nationen der gemässigten Zonen wird mit dem Brennmaterial gewiss aus Noth am meisten gespart und hier wiederum da am meisten, wo sie in grösseren Haus-

haltungen zusammenleben, da ein Feuer, was hinreicht einen Menschen zu erwärmen, auch gleichzeitig für mehrere genügt und man weniger Holz bedarf, um eine Mahlzeit für sechs, als sechs Mahlzeiten für sechs einzelne Menschen zu bereiten. Wo kein Mangel an Brennmaterial Statt findet, werden grosse Mengen desselben verschwendet. Ein grosser Theil der Tropenbewohner* lebt von Reis, welcher sehr lange kochen muss, um geniessbar zu werden. Bedeutende Waldbrände sind selbst in civilisirten Gegenden nicht selten, in Amerika aber bei neuem Anbruch des Landes oft im grossartigsten Maassstabe vorhanden. Endlich erinnere ich an die Haidebrände und ähnliche Culturen, die auch in Europa und Asien nicht unbedeutend sind. Auf diese Betrachtungen gestützt, glaube ich, das, was etwa zwischen dem 50^0 und 60^0 n. Br. in grösseren Vereinen jährlich an Brennstoff auf einen Kopf kommt als mittleres Quantum für alle Menschen veranschlagen zu dürfen. Nach den eingezogenen Erkundigungen in der Caserne zu Weimar, in einem hiesigen Knabeninstitut, im Krankenhause und einigen grösseren Familien erhalte ich auf diese Weise als Mittel für den Kopf eine Klafter hartes Holz im Jahr. Eine Klafter hartes Holz wiegt durchschnittlich 3600 Pfd. und enthält etwa 50% C. Für eine Milliarde Menschen verzehren also die häuslichen Verbrennungsprocesse etwa 1,800000,000000 Pfd. C.

Für die technischen Verbrennungsprocesse nehme ich die verbrauchten Steinkohlen an. Zwar werden besonders in England viele Steinkohlen zum häuslichen Gebrauche verbrannt, dagegen werden anderwärts unzählige technische Arbeiten mit Holz, Braunkohlen und Torf betrieben. Die jährliche Steinkohlenproduction beträgt nach *Karmarsch* und *Heeren* in England, Frankreich, Belgien, Preussen, Oestreich, Sachsen und einigen kleinen deutschen Staaten 75000,000,000 Pfd. Die hier nicht veranschlagten Länder und besonders Nordamerika mitgerechnet, also gewiss 80000,000000 Pfd. à 72% C im Mittel, etwa 60000 Mill. Pfd. C, die nahe bei 200000,000000 Pfd. Kohlensäure entsprechen. Dazu liefern die Respirationsprocesse fast 2$^1/_2$ Billion. Die häuslichen Verbrennungsprocesse geben 6$^1/_2$ Billionen. Die Vewesungsprocesse können etwa so veranschlagt werden. Für jede □ Ruthe kann man mindestens 100 Pfd. (etwas mehr als 0,5%) verwesbare organische Substanz annehmen, wovon jährlich 2 Pfd. C durch die Verwesung in CO^2 umgewandelt werden (nach einer mittlern Annahme aus *De Saussure's* directen Versuchen). Die Oberfläche des festen Landes, nach Abzug der Sahara, der Gobiwüste und der vegetationsleeren Polarländer zu 3,000000 □ Meilen angenommen, so erhält man für die Verwesungsprocesse 90 Billionen Pfd. CO^2. Also ausschliesslich der vulkanischen Processe mindestens eine jährliche Kohlensäureerzeugung zum Belauf von 100 Billionen Pfd., oder schon in 100 Jahren fast $^1/_4$ mehr als in unserer Atmosphäre vorhanden ist; und schon 5000 Jahre wären genügend gewesen, um die Luft für Menschen und Thiere irrespirabel gemacht zu haben, wenn nicht ein ganz gesetzmässiger Naturprocess der Atmosphäre wieder die Kohlensäure entzöge, das kann aber, wie schon erörtert, nur das Leben der Pflanzenwelt sein.

Der sämmtliche Kohlenstoff der Athmungs-, Verwesungs- und der meisten Verbrennungsprocesse wird jährlich von der Pflanzenwelt geliefert und aus der Verbindung zu organischer Substanz übergeführt in die unorganische Kohlensäure. Kann ein vernünftiger Mensch nur glauben, dass der Vorrath von organischer Substanz auf der Erde gegen solchen jährlichen Verlust an Kohlenstoff lange aushalten werde. Die beim Athmen verbrauchte Kohlenstoffmenge allein entspricht schon dem vollen Ertrage von 500,000000 Morgen des allerschönsten Weizenbodens, oder einer Fläche mehr als doppelt so gross als ganz Frankreich**.

---

* Bedenkt man die zahlreiche Bevölkerung von China und Ostindien, so wird vielleicht ein Fünftel aller Menschen auf Reis angewiesen sein.

** Der Ernteertrag für den Morgen nach *Block* zu 475 Pfd. Körner und 2970 Pfd. Stroh, der Kohlenstoffgehalt der Körner zu 46%, des Strohs zu 48% nach *Boussingault*.

Wie auch immer die erste Pflanzenbildung gewesen sein mag, so wird doch Niemand geneigt sein anzunehmen, dass die aus den Fluthen des Meeres sich erhebenden Gebirge sogleich dick mit Humus bedeckt gewesen sind. Es ist vielmehr entschieden wahrscheinlich, dass sie ganz nackt waren und sich erst ganz allmälig, eben durch die Vegetation der Pflanzen, mit Dammerde bedeckten. Auf diesem humusleeren Boden entwickelte sich aber die Vegetation der Steinkohlenformation, deren Reste noch jetzt uns durch ihre Massen in Erstaunen setzen. Sollten die Vorräthe, wie einige englische Geognosten berechnen *, den gegenwärtigen Bedarf wirklich noch auf 2000 Jahre decken können, so entsprächen diese Steinkohlen, angenommen, dass sie bei ihrer Verwesung nur $20\%_0$ C verloren haben, gleichwohl einem Gewicht von 1290 Billionen Pfd. C, die offenbar nicht dem humusleeren Boden der Urwelt entstammen können.

Wenden wir uns an einzelne Culturen, so zeigt sich uns Folgendes. Das Zuckerrohr bedarf eines guten feuchten Bodens, der aber niemals gedüngt wird. Der Morgen liefert etwa 4700 Pfd. Rohr, diese enthalten im Minimum 700 Pfd. C in Zucker, 500 Pfd. C in ausgepresstem Rohr, der Zucker wird ausgeführt, das Rohr bei der Zuckersiederei verbrannt, der sämmtliche Kohlenstoff von 1200 Pfd. wird also jährlich dem Boden ohne allen Ersatz entzogen (*Boussingault*). Der zur Zuckercultur benutzte Boden der französischen Colonien muss auf diese Weise jährlich 225 Mill. Pfd. C hergeben, welche einem Verluste von 325 Mill. Pfd. Humus entsprechen würden **. Im Ganzen kann man den jährlich dem Boden der Tropengegenden allein mit dem Kaffee und Zucker entzogenen Kohlenstoff etwa auf 2300 Mill. Pfd. anschlagen, welche theils durch die Verbrennung ganz und gar, theils durch die Respirationsprocesse mindestens zur Hälfte in Kohlensäure übergeführt werden ***.

---

* Herr *Taylor*, einer der bedeutendsten Besitzer von Kohlenminen in England, berechnet, dass der Vorrath von Kohlen in Durham und Northumberland allein genüge, den gegenwärtigen Verkauf dieser Provinzen noch auf 2500 Jahre (oder mit Berücksichtigung des Abfalls doch wenigstens auf 1700 Jahr) zu unterhalten. *Bakewell* in seiner Geologie berechnet, dass allein das Kohlenlager von Südwales, nahe dem Bristol-Canal, genügen würde, den gegenwärtigen Verbrauch von ganz England für beinahe 5000 Jahre zu decken (selbst wenn man noch $\frac{1}{2}$ für den Verlust beim Abbauen abzieht, doch immer für 2000—2400 Jahre). Beide Berechnungen, die einzigen, welche wir bis jetzt für bestimmte Bezirke haben, sind von bedeutenden Geologen anerkannt, und nur von Praktikern sind Einwendungen in der Beziehung gemacht, dass der unvermeidliche Verlust beim Ausbringen zu gering angeschlagen sei, ein Einwurf, der den Gebrauch, den ich hier von der Angabe mache, nicht trifft (vergl. *M'Culloch*). Nach den Angaben von *Lindley* und *Hutton* in der *british fossil Flora* würden allein die Kohlenlager vom Staat Ohio in einer Ausdehnung von 12,000 □ Miles mit mittlerer Mächtigkeit von 5 Fuss zu veranschlagen sein, also etwa einer Quantität Kohlenstoff von 70 Billionen Pfd. entsprechen. Wir können den Gehalt sämmtlicher Kohlenlager der Erde auch nicht annäherungsweise schätzen, wenn aber *Liebig* meint, die gegenwärtig in der Atmosphäre vorhandene Quantität Kohlensäure enthalte bei weitem mehr Kohlenstoff, als sämmtlichen Kohlenlagern entspräche, so irrt er offenbar sehr bedeutend; der Kohlenstoff im Kohlensäuregehalt der Atmosphäre beträgt sicher nicht einmal den zehnten Theil des Kohlenstoffes sämmtlicher Kohlenlager.

** Das Zuckerrohr enthält im Mittel

trockne Pflanzenfaser	11,0
Zucker	15,5
Wasser	73,5

Beim Auspressen werden aber höchstens 8% Zucker gewonnen, es entsprechen also 8 Pfd. fertiger Zucker 26,5 Pfd. trockner organischer Substanz à 40% C. Die französischen Colonien führen jährlich 80 Mill. Kilogr. Zucker aus. Die Inseln Bourbon und Mauritius führen nach Handelsberichten jährlich etwa 100 Mill. Pfd. aus, verlieren also dadurch jährlich circa 130 Mill. Pfd. C.

*** Die Totalproduction des Kaffee's beträgt jährlich etwa 480 Mill. Pfd., die des Zuckers 1600—1700 Mill. Pfd. Der Kohlenstoffgehalt ist überall nur zu 40% angenommen. 1650 Mill. Pfd. Zucker geben 660 Mill. Pfd. C, die zur Hälfte in Kohlensäure übergehen, denen entsprechen in

Die Oelpalmen *Cocos nucifera* und *Elais guineensis* wachsen im Ufersand. Die Cultur der letzteren wird an der afrikanischen Westküste im Grossen betrieben und keine Spur der Düngung dem reinen, aber feuchten Sande gegeben. Von 1821—1830 hatte England allein von der Guineaküste 107,118,000 Pfd. Palmöl eingeführt und damit etwa 76 Mill. Pfd. C, welche einem Boden entzogen wurden, der so gut wie gar keinen Kohlenstoff enthält. Gegenwärtig beträgt die jährliche Einfuhr gegen 33 Mill. Pfd. Oel, so dass der Boden, auf welchem die Palmen wachsen, allein für die Bildung des der Ausfuhr bestimmten Oeles jährlich etwa 25 Mill. Pfd. C liefern muss.

Das auffallendste Beispiel von Kohlenstoffproduction bieten aber die Bananen dar. Man pflanzt diese gewöhnlich als Stecklinge auf einen feuchten, reichen Boden ohne die geringste Düngung anzuwenden und vom Augenblick an, dass sie tragfähig geworden, sammelt man 20 Jahre lang ihre Früchte, ehe man neue Pflanzen setzt, nicht weil die alten aufhören zu tragen, sondern weil sie durch das beständige Absterben der alten Schüsse und das Auftreiben neuer Wurzelschösslinge allmälig in Unordnung kommen. Nach Humboldt wachsen auf dem Morgen etwa 98808 Pfd. Früchte, welche ungefähr 43245 Pfd. trockner Substanz und somit mindestens 17000 Pfd. C entsprechen, in 20 Jahren liefert also eine solche Fläche die ungeheure Menge von 345960 Pfd. C. Dabei wird der Boden keineswegs ausgesogen, denn man bebaut vielleicht seit Jahrtausenden auf den Südseeinseln denselben Boden; er wird vielmehr durch die alljährlich absterbenden Massen der Blätter und Blattscheiden, trotz der natürlich ungeheuer schnell vor sich gehenden Verwesung, immer reicher an Humus.

Man weiss, welche ungeheure Quantitäten Reis auf der Erde gebaut werden und doch wird derselbe meistentheils, zumal der Bergreis, gar nicht gedüngt, sondern nur bewässert. Die reichsten Maisernten werden nach *Darwin* im Innern von Peru und Chile auf dem dürrsten Flugsande ohne alle Düngung überall erzielt, wo nur ein kleines von den Anden herabrieselndes Bächlein eine Bewässerung möglich macht. Die grossen jütischen Sandhaiden werden seit einem halben Jahrhundert allmälig mit Birken und Fichten bestandet, welche schon jetzt grosse Strecken des früher dürren Flugsandes bedecken, und überhaupt nirgends auf Erden, so viel ich weiss, fällt es Jemandem ein, bei Waldculturen Düngung anzuwenden; gleichwohl liefert uns jede Waldstrecke alljährlich eine bedeutende Menge Kohlenstoff im Holze, den wir durch Verbrennung in Kohlensäure verwandeln, und dabei ist es eine uralte Erfahrung, dass ein Waldboden von Jahr zu Jahr nicht ärmer, sondern reicher an organischen Bodenbestandtheilen wird. Man kann hier als grossartiges Beispiel auch noch die ganze Mark Brandenburg anführen, deren Boden als »des heiligen römischen Reichs Streusandbüchse« wesentlich aus Meeres- und Dünensand besteht. Noch jetzt ist an vielen Stellen der ganz lockre, reine Flugsand hundert Fuss tief und so beweglich, dass ein geringer Wind, wie ich aus eignen, absichtlich deshalb in der Nähe Berlins angestellten Beobachtungen weiss, in kurzer Zeit ganz bedeutend die Configuration der Oberfläche ändert. Solche Stellen finden sich zum Beispiel gleich zwischen Charlottenburg und dem Grunewald, zwischen Berlin und Tegel. Junge Kiefern, die bis an die ersten Zweige im Boden standen, findet man oft schon nach acht Tagen mit 3 Fuss langem entblössten Stamm und nackten Wurzeln, so dass man unter ihnen durchgreifen kann. Gleichwohl trägt dieser Boden, wie der Spreewald zeigt, so weit er von dem Flusssystem der Spree und Havel durchfeuchtet wird, eine ganz kräftige Kiefernvegetation, die allen ihren Kohlenstoff sicher nicht der organischen Substanz des Bodens entnommen, die dieser nie besessen hat und die ihm niemals künstlich zugeführt worden ist.

3816 Mill. Pfd. Rohr 1126 Mill. Pfd. C, die verbrannt werden, der Kaffee entsprechen 192 Mill. Pfd. C; im Ganzen liefern also Kaffee und Zucker allein ungefähr 6043 Mill. Pfd. Kohlensäure jährlich an die Atmosphäre ab. — Bei der Ernährung werden die stickstofffreien Substanzen ganz, die stickstoffhaltigen zum Theil wenigstens durch die Respiration in Kohlensäure verwandelt.

Die ältern Bestände haben dagegen durch Blattfall und Windbruch dem Boden so viel organische Substanz zugefügt, dass es einigermaasen der Mühe gelohnt hat, ihn in Culturland umzusetzen, wenn es auch im Ganzen nur dürftige Getreideernten liefert, da ihm die wesentlichsten physikalischen und chemischen Eigenschaften abgehen, um der Vegetation einjähriger flachwurzeliger Pflanzen bei der durch die Bearbeitung rasch vor sich gehenden Verwesung des Humus die nöthige Feuchtigkeit, Kohlensäure und Ammoniak, so wie die für Cerealien wesentlichsten Salze zuzuführen.

In all den angeführten Fällen zeigt sich uns eine Production von Kohlenstoff in organischen Verbindungen, die offenbar den organischen Bestandtheilen des Bodens nicht entstammen kann, weil derselbe entweder gar keinen enthält oder doch offenbar durch den jährlichen Verlust nicht erschöpft, sondern vielmehr durch die Culturen an organischen Bestandtheilen zum Theil noch reicher wird, ungeachtet noch fortwährend die Verwesung daran zehrt und besonders unter den Tropen mit unglaublicher Schnelligkeit alle todten organischen Substanzen in unorganische Verbindungen umsetzt. Es kann daher die organische Substanz des Bodens unmöglich die Quelle des Kohlenstoffes der Pflanzen sein und dann bleibt keine andere Möglichkeit, als dass die Kohlensäure denselben liefert. Dabei versteht es sich nun natürlich ganz von selbst, dass die organische Substanz des Bodens, soweit sie durch Verwesung in Kohlensäure umgewandelt ist, ebenso zur Ernährung der Pflanzen beitragen wird, als jede andere Kohlensäure auch. Es fragt sich nun, ob überhaupt denn Kohlensäure genug vorhanden sein wird, um den Bedarf der gesammten Vegetation der Erde zu decken. Nimmt man den sämmtlichen mit Vegetation bedeckten Boden zu $^1/_8$ der Erdoberfläche = 2 Mill. □ Meilen = 43124 Mill. Morgen und auf jeden Morgen einen jährlichen Zuwachs von 2000 Pfd. C an, was durchschnittlich sicher nicht zu wenig ist, so erhalten wir einen jährlichen Bedarf von etwa 300 Billionen Pfd. Kohlensäure, davon lieferten die äusserst geringen obigen (S. 590.) Anschläge schon den dritten Theil. Wie wenig diese aber der Wahrheit nahe kommen, kann man leicht zeigen, wenn man nur ganz untergeordnete Verhältnisse ins Auge fasst. Allein Nordamerika producirt (nach den *Northamerican Almanack for* 1843) jährlich 219,163,319 Pfd. Taback, die verbrannt etwa 340 Mill. Pfd. CO^2 entsprechen; so dass man die durch sämmtliche Tabacksraucher jährlich producirte Kohlensäure mit 1000 Mill. Pfd. sicher nicht zu hoch anschlägt. Und welche bedeutenden kohlensäurebildenden Processe sind bei der obigen Berechnung noch überall gar nicht in Anschlag gebracht. Es ist wohl ein Anschlag für die Lungenausdünstung, aber aus Mangel an Thatsachen keiner über die nicht unbedeutende Hautausdünstung gemacht. Ebenso sind ganz die vielen bedeutenden Verbrennungsprocesse übergangen, welche bei Culturmethoden und anderweitig auf der Erde vorkommen. In der ganzen norddeutschen Haide ist das Moorbrennen etwas ganz Gewöhnliches und wird z. B. in den Gegenden an der untern Ems alljährlich in grösstem Maassstabe ausgeführt; ähnlich sind die corsicanischen Culturen in den *makis* oder immergrünen Büschen, die alle 3 Jahre niedergeschlagen und sofort auf dem Boden verbrannt werden. Die Neubrüche in Nord- und Südamerika beginnen stets mit Waldbränden, die als zufällige Ereignisse auch in der alten Welt, besonders in Russland, nicht gar selten sind. Daran reihen sich dann die jährlich sich oft wiederholenden Steppenbrände in den Pampas und den Prärien von Süd- und Nordamerika, sowie in den russischen Steppen. Endlich sind die noch unberechenbaren Massen der Kohlensäure, welche beständig den Vulkanen entströmen, wohl zu erwägen und wir können nicht in Zweifel sein, dass die jährlich auf Erden sich bildende Kohlensäure völlig hinreichend ist, um den jährlichen Bedarf der Vegetation vollkommen zu decken.

Das Vorstehende mag denn genügen, um das Verhältniss der Pflanze zum Kohlenstoff und die Rolle welche die Kohlensäure im Haushalte der Natur spielt und spielen muss, deutlich zu machen.

2. Stickstoff. Die Ansichten über die Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen

sind in doppelter Hinsicht im Gegensatz mit denen über die Aufnahme des Kohlenstoffs. Indem schon vor 80 Jahren mit der Entdeckung des Sauerstoffs und dessen Eigenschaften durch *Pristley* auch die richtigen Darstellungen über die Bedeutung der Kohlensäure für die Pflanzenernährung entwickelt wurden, so ist doch noch bis auf den heutigen Tag ein grosser Theil der Botaniker und landwirthschaftlichen Theoretiker und selbst ein, wenn auch geringer Theil der Chemiker, der festen Ueberzeugung, dass die organischen Stoffe des Bodens als solche von der Pflanze aufgenommen würden, um sie mit Kohlenstoff zu versorgen. Dagegen ist erst in der neuesten Zeit allgemeiner ausgesprochen, dass Ammoniak und Ammoniaksalze die eigentlichen Quellen des Stickstoffgehalts der Pflanzen sein und es möchte wohl nur noch wenige Idioten geben, welche den Stickstoff der Pflanzen von den stickstoffhaltigen Verbindungen des Bodens als solchen ableiteten und nicht auch beim Dünger seine vorherige Umänderung in Ammoniak und Ammoniaksalze annehmen. Die Sache ist einfach die, dass es unmöglich ist dem Ammoniak und seinen Salzen einen Gegenkaiser entgegenzustellen, wie es der Humus für die Kohlensäure ist. Wir kennen keine auflösliche stickstoffhaltige organische Substanz, welche im Boden in nur irgend zu berücksichtigender Menge vorkäme und bis jetzt haben alle in dieser Beziehung angestellten Versuche noch zu dem Resultate geführt, dass weder Thiere noch Pflanzen im Stande sind, den Stickstoff als solchen zu assimiliren. Es bleibt daher auch für die organischen Idioten und Lebenskrafttheoretiker kein Ausweg übrig, als sich an das Ammoniak zu halten. Die Frage stellt sich daher hier ganz anders, nämlich nach den Quellen des Ammoniaks und bei Erörterung dieser Frage ist es nothwendig, Culturpflanzen und wildwachsende Pflanzen zu unterscheiden.

Es bedarf wohl keiner weitern Bemerkung, dass den wildwachsenden Pflanzen kein Ammoniak durch Dünger und andere organische Abfälle geliefert wird, oder geliefert werden kann. Für sie sehen wir uns vorzüglich an die zuerst von *Th. de Saussure* angegebene Quelle, an die in der Atmosphäre sich verbreitenden flüchtigen Ammoniaksalze, gewiesen, welche vom Boden absorbirt werden. Eine zweite Quelle ist neuerdings von *Mulder* ausführlich erörtert, nämlich die Ammoniakbildung auf Kosten des atmosphärischen Stickstoffs bei der Verwesung selbst stickstofffreier organischer Substanzen*. Für beide können wir noch in kurzer Weise auch nur annähernde Berechnungen im Grossen anstellen. Wir wissen nur, dass das letzte Resultat der Verwesung und Fäulniss stickstoffhaltiger Substanzen immer darin besteht, dass der Stickstoffgehalt als Ammoniak sich abscheidet, und so würde jede absterbende Generation stets Ammoniak genug liefern, um eine gleiche Generation mit Stickstoff zu versorgen; oder es müsste mit andern Worten doch zuletzt einmal eine Zeit eintreten, in der sämmtlicher in der organischen Welt enthaltene Stickstoff sich in Form von Ammoniak in der Atmosphäre befindet, wenn nicht die Pflanzenwelt von dort dasselbe wieder aufnähme und wieder in den Kreislauf des Organischen zurückführte. Wir wissen aber auch drittens durch neuere Beobachtung von *Daubeny* und *Jones***), dass Ammoniak mit zu den Gasen gehört, welche in grosser Menge dem vulkanischen Bo-

---

* *Mulder* sieht übrigens, wie ich glaube, die allmälige Bildung von Ammoniak im Boden für zu wichtig an. Ich will weniger Werth auf den Einwurf legen, der sich aus den *de Saussure*'schen Versuchen hernehmen liesse, nach denen bei der Verwesung stickstofffreier Bestandtheile, die doch zum grössten Theil solche sind, in denen Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältniss der Wasserbildung zu einander stehen, kein Sauerstoff frei wird, was geschehen müsste, wenn Wasserstoff sich mit dem Stickstoffe zu Ammoniak verbände. Aber es ist doch höchst wahrscheinlich, dass im Allgemeinen die Nahrungsquellen für alle Pflanzen die gleichen sind und jene *Mulder*'sche Ammoniakbildung fällt auf jedem Urboden, der noch keine organischen Stoffe enthält, weg und wir haben wenigstens noch keinen Beweis, dass, ausser den ächten Parasiten, nicht jede Pflanze so gut wie eine andere als erste Ansiedlerin auf einem Urboden erscheinen könnte.

** Die Ammoniumgrotte bei Neapel (*Gazette medicale de Paris Nr.* 49 *Frorieps* Notizen: 28,257).

den entströmen, wodurch dem vorhandenen Ammoniakvorrath fortwährend eine bedeutende Quantität hinzugefügt wird. Bis jetzt haben wir noch keinen Versuch zur Bestimmung des Ammoniakgehalts der Luft, der auf jeden Fall örtlich und zeitlich noch viel mehr variiren wird, als der der Kohlensäure. Wer je chemische Arbeiten gemacht hat, weiss, wie schwer es ist, das sich überall aufdrängende Ammoniak auszuschliessen. Jede nicht dicht schliessende Flasche mit Salzsäure, jede nicht rein abgewischte Flasche mit Schwefelsäure giebt in der sich bildenden Kruste von Ammoniaksalz den Beweis dafür; jedes Wasser, insbesondere das Regenwasser, mehr noch der Schnee, enthält Ammoniak.

Das schlagendste Beispiel für die Production von Stickstoff ohne Zuführung desselben in Form von Dünger liefern die Rieselwiesen, welche auf den Morgen jährlich 40—50 Pfd. Stickstoff in organischer Verbindung liefern*, während im Durchschnitt aller Culturen das gedüngte Land nur 31 Pfd. jährlich liefert und nach Abzug des im Dünger enthaltenen gar nur 17 Pfd. Wie überhaupt die für die Unmöglichkeit der Ernährung der Pflanze durch die organischen Bestandtheile des Bodens im Allgemeinen angeführten Thatsachen auch für den Stickstoff gelten, so ist es ganz besonders die Alpwirthschaft und jede auf blosse Weidebenutzung berechnete Viehzucht, welche ausschliesslich auf Stickstoffproduction gerichtet, von allen Culturen am meisten Stickstoff auszuführen erlaubt und so mit am entschiedensten die völlige Unabhängigkeit des Stickstoffgehalts der Pflanzen von der Zufuhr stickstoffhaltiger Düngstoffe documentirt.

Im südlichen, besonders aber im mittlern Russland, ist der Landbau bei den Bauern auf der niedrigsten Stufe. Der im Verhältniss zum Areal ohnehin zu sparsame Mist wird ausschliesslich auf Garten- und Hanfbau gewendet, die Felder nie gedüngt, freilich tragen sie auch nur 5—6fältig (*Blasius*)**, aber dennoch liefert jeder Morgen in der Ernte 14½ Pfd. Stickstoff und besonders im mittlern Russland kann man sicher die Zeit des Bestehens der Cultur auf 1 Jahrtausend angeben, in welcher jeder Morgen ohne allen Ersatz 14,500 Pfd. N hätte hergeben müssen***. Jene Aecker liefern einen grossen Theil der Kornausfuhr von Odessa, welche im Jahre 1827 nicht weniger als 755 Mill. Pfd. Stickstoff enthielt****. Hierdurch werden wir zur nähern Betrach-

---

* Rieselwiesen liefern nach deutschen Landwirthen, *Linke*, *Schwerz* etc., 30—40 Centner Heu. Lufttrocknes Heu enthält nach *Boussingault* 1,29% Stickstoff.

** Der Ertrag ist aber keineswegs überall so dürftig. In vielen Gegenden der Ukraine wird kein Dünger angewendet. Das Stroh wird verbrannt. Auf einander folgende Ernten von Weizen werden von demselben Boden und nur nach einmaligem Umpflügen für jede Saat gewonnen. Die Stengel dieses Weizens sind so lang und dick wie Schilf und die Blätter gleichen den Maisblättern. (*Loudon.*)

*** Die Aussaat Weizen zu 1⅓ Berliner Scheffel giebt etwa 6 Scheffel nach Abzug des Saatkorns, oder 540 Pfd.; Korn zu Stroh wie 1 : 2 angenommen, kommen dazu 1080 Pfd. Stroh. Weizen enthält nach *Boussingault* 85,5% trockne Materie (bei 110° C getrocknet) und diese 2,3% N, Weizenstroh 74% trockne Materie und darin 0,4% N.

**** Odessa führte 1827 1,200826 Tschetwert Weizen, 39,940 T. Roggen und 6,852 T. Gerste aus. Im Ganzen wurden etwa 40,000 Mill. Pfd. trockne organische Substanz, die mehr oder weniger unmittelbar aus dem Boden stammte, ausgeführt und dafür nur etwa 1 Mill. trockne organische Substanz, von der man annehmen könnte, dass sie möglicher Weise als Dünger dem Boden zu gute käme, eingeführt; ein ähnliches Verhältniss findet in Petersburg statt (*Mac Culloch*). Der nächsten Zukunft bleibt es vorbehalten, zu einer ganz neuen Wissenschaft durch ausführlichere Messungen, Wägungen und Analysen den Grund zu legen, nämlich zu einer Handelsstatistik und Nationalökonomie der Elementarstoffe. Es ist noch nicht einmal abzusehen, welche interessanten Resultate, die auch tief in die Entwickelungsgeschichte und die Schwankungen des Wohlstandes der Völker eingreifen müssen, sich daraus ergeben werden, wenn wir dereinst im Stande sind, die Ein- und Ausfuhr der Elementarstoffe, so wie den Austausch derselben zwischen Land und Meer, zwischen beiden und der Atmosphäre für die verschiedenen Länder der Erde auch nur

tung der Kulturpflanzen geführt. Schon vorher habe ich an den nicht gedüngten Rieselwiesen gezeigt, dass sie jährlich in ihrem Product bei weitem mehr Stickstoff liefern, als durchschnittlich unser Ackerboden zu liefern im Stande ist. Es ist deshalb von vorn herein unwahrscheinlich, dass die Culturpflanzen des Stickstoffgehaltes des Düngers bedürfen sollten, da doch dieselben Nahrungsquellen wie den wildwachsenden Pflanzen auch ihnen offen stehen. Ich glaube nun auch, dass es sich mehr als wahrscheinlich machen lässt, dass die Culturpflanzen eben so wohl wie die wildwachsenden Pflanzen von der Zufuhr des Düngers, soweit er stickstoffhaltig ist, als gänzlich unabhängig angesehen werden müssen. Dafür sprechen am entschiedensten die *Boussingault*'schen Versuche, gegen welche eben nicht viel einzuwenden sein wird. *Boussingault* ist ein erfahrener praktischer Landwirth und zugleich ein gebildeter Naturforscher und besonders Chemiker. Sowohl der grosse Maassstab, in welchem die Versuche ausgeführt sind, als die höchst einfache Methode lassen nicht wohl einer Gegenrede Raum. *Boussingault* that überhaupt eigentlich nichts, als dass er bei der ganz gewöhnlichen Culturmethode nur genau Maass und Gewicht anlegte und abrechnete, statt sich auf's Rathen und Phantasiren zu legen. Seine Angaben des Erntegewichts, der Düngerquantitäten u. s. w. stimmen übrigens eben so gut mit den Angaben der bedeutendsten deutschen Landwirthe überein als diese unter einander und fallen meist in die Mitte zwischen die deutschen Extreme. Einen Einwurf, der bedeutend scheinen könnte, hat *Liebig* gegen die Bestimmung des Stickstoffgehaltes des Düngers erhoben, dass nämlich beim Austrocknen des letzteren (bei 110° C) das meiste Ammoniak entweiche. Der Einwurf trifft aber im Ganzen gar nicht, zumal da *Liebig* keine Versuche deshalb angestellt hat. Es ist nämlich das Ammoniak entweder frei und in flüchtigen Salzen im Dünger oder in Salzen, die wenigstens bei 110° C noch nicht sich verflüchtigen. Im letzten Falle, und ich glaube dem gehören die meisten Ammoniaksalze des Mistes an, ist der Einwurf von selbst eliminirt, im ersten Falle aber würde der Antheil von Ammoniaksalzen, der flüchtig ist, ohnehin den Pflanzen nicht direct zu Gute kommen, sondern während des Auffahrens, Ausbreitens, Unterpflügens, bei der öftern Bearbeitung des Ackers u. s. w. ohnehin in die Atmosphäre entweichen. Man muss nämlich wohl bedenken, dass der Dünger nicht unmittelbar jedesmal der vegetirenden Pflanze zugeführt wird*, sondern geraume Zeit vor der Einsaat der ersten Frucht aufgebracht, vielfach erst mit dem Boden umgearbeitet wird und dann für 4, 5 oder 6 Jahre lang für den ganzen Umlauf, für die ganze angenommene Fruchtfolge ausreichen muss. Es ist sehr leicht einzusehen, dass schon im zweiten oder dritten Jahre von den Ammoniaksalzen des Mistes kaum noch eine Spur im Boden enthalten sein kann. Nun zeigt sich aber die Stickstoffproduction zunächst in der Weise ganz unabhängig von der Düngung, dass sie nicht etwa im ersten Jahre am stärksten ist und regelmässig abnimmt, oder umgekehrt, sondern vielmehr ganz von der Natur der gebauten Pflanze abhängig ist. So lieferten in einem 6jährigen Umlaufe

im 1. Jahr	Kartoffeln	für den Morgen	24,75	Pfd.	N.
- 2. -	Weizen	- - -	18,92	-	-
- 3. -	Klee	- - -	45,21	-	-

einigermaassen annähernden quantitativen Schätzungen zu unterwerfen. — Wir müssten in dieser Beziehung den Staat am glücklichsten preisen und ihm die höchste Cultur zuschreiben, der es versteht, im Verhältnisse zu seinem Areal die grösste Menge organischer Elemente (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff) in den Ueberschuss der Ausfuhr und die grösste an unorganischen Elementen in den Ueberschuss der Einfuhr zu legen, der also die Kunst besitzt, am meisten aus dem allgemeinen, allen gleich zugänglichen und unorganischen Fond der Atmosphäre zu schöpfen und dabei am meisten das leichter verzehrte, schwerer zu ersetzende Capital des Bodenreichthums zu schonen.

* Was wohl nur in China bei einigen Culturen geschieht (*Loudon*).

im 4. Jahr Weizen und Steckrüben für den Morgen 29,93 Pfd. N.
- 5. - Erbsen - - - 52,63 - -
- 6. - Roggen - - - 17,43 - -

Im Ganzen also waren 188,77 Pfd. N producirt, während der im Anfang aufgebrachte Dünger nur 130,31 Pfd. N enthielt. Ferner erhielt der Boden bei drei Umläufen, 2 von 5 Jahren und einem von 6 Jahren, genau gleichviel Dünger, nämlich für's Jahr und für den Morgen 21,90 Pfd., aber der jährliche Ueberschuss des gewonnenen Stickstoffes über den des Düngers betrug für's Jahr und für den Morgen

Im 1. Umlaufe von 5 Jahren 5,06 Pfd.
- 2. - - - - 5,45 -
- 3. - - 6 - 9,83 -

Es braucht kaum mehr als dieser letzten Thatsache, um die Unabhängigkeit der Stickstoffproduction von dem Stickstoffgehalte des Düngers nachzuweisen.

Im Ganzen verhält sich in allen 6 Umläufen, welche 4 Hectaren und 21 Jahre umfassen im Durchschnitt aller Culturen der Stickstoff der Ernte zu dem des Düngers wie 1 : 2,8. Bei der Luzernecultur nach den Angaben von *Crud*, die *Boussingault* berechnet hat, gar wie 1 : 4,8.

Man glaubt für die Abhängigkeit des Stickstoffgehalts der Ernte von dem Stickstoffgehalte des Düngers den entschiedensten Beweis darin zu finden, dass mit dem Wachsen des letztern auch der erste wächst. Es ist zunächst ein gar arger logischer Schnitzer, von einem bestimmten Merkmal der Ursache sogleich auf ein bestimmtes Merkmal des Erfolges zu schliessen. Warum geht denn in einem aufgelösten Ammoniaksalze jede Pflanze zu Grunde? offenbar weil die gesunde und kräftige Entwickelung derselben und somit auch die davon abhängige Assimilation des Stickstoffs noch ganz andere Bedingungen voraussetzt als blos die Gegenwart von Ammoniaksalzen. Ich kann hier zunächst nur auf die scheinbar enge Verbindung zwischen den phosphorsauren Salzen und den stickstoffhaltigen Stoffen in den Pflanzen hinweisen. *Liebig* bemerkt, dass wir annehmen müssten, dass sich die letzteren ohne Gegenwart der ersteren nicht bilden können, er hat aber nicht die Anwendung davon auf die Versuche mit verschiedenen Düngemitteln gemacht, die, so wie sie stickstoffhaltiger sind, auch grössere Antheile von phosphorsauren Salzen enthalten. Es wäre nun sehr wohl möglich, dass diese die Ursache des grössern Stickstoffgehaltes der Culturpflanzen sind und dass der Stickstoffgehalt dabei zunächst ganz gleichgültig bleibt, weil der Pflanze der nöthige Stickstoff auch ohne Dünger in genügender Menge zu Gebote steht, was wohl unzweifelhaft ist, wenn wir sehen, dass wir mit all' unserm Dünger unserm besten Culturboden nicht so viel Stickstoff abzwingen können, als uns die ungedüngte Rieselwiese freiwillig giebt. Es können aber auch noch hundert andere Verhältnisse hierbei in Betracht kommen, die uns zur Zeit noch unbekannt sind.

Reine entscheidende Versuche sind in dieser Beziehung noch nicht angestellt, wir können hier nur die von *Schattenmann* in Buchsweiler und von *Kuhlmann* in Belgien angestellten vergleichen. Die ersten geben fast eine Verdoppelung des Ertrags der Wiesen nach Anwendung von kohlensaurem Ammoniak (*Boussingault*)*, die von *Kuhlmann* dagegen** zeigen wiederum die Unabhängigkeit der Production im Ganzen vom Stickstoffgehalte des Düngers. Die Mehrausbeute steigt bedeutend, so wie sich fixe Alcalien und besonders organische Salze einmengen, noch mehr aber, so wie phosphorsaure Salze in's Spiel kommen.

Die hier ausgeführten Sätze machen es nun ganz gewiss, dass die wildwachsenden Pflanzen in der Production stickstoffhaltiger Verbindungen von dem Gehalte des Bodens

* Die vielleicht nicht mehr zu bezweifelnde günstige Wirkung von aufgebrachten Ammoniaksalzen möchte sich aber auch wohl noch anders, so z. B. nach Versuchen von *Schultze* in Rostock durch die Veränderung der mechanischen Constitution des Bodens erklären.

** Vergleiche den Anhang.

an organischen stickstoffhaltigen Bestandtheilen und selbst von dem nicht aus der Atmosphäre stammenden Ammoniak* völlig unabhängig sind, sie machen es wenigstens im höchsten Grade wahrscheinlich, dass dies Gesetz für die Culturpflanzen ebenfalls gilt.

3. Phosphor und Schwefel. Der an die stickstoffhaltigen Bestandtheile gebundene Phosphor und Schwefel ist im Ganzen sehr unbedeutend. Berechnen wir auch allen Stickstoff als Eiweiss und nehmen den höchsten Stickstoffertrag an (bei der Erbsencultur), so erhalten wir etwa 2 Pfd. Schwefel und 1 Pfd. Phosphor, den jeder Morgen Landes im Jahre producirt; d. h. den Boden zu 12 Zoll Tiefe angenommen, müsste im Laufe des Jahres in 434 Pfd. Erde 1 Gran Schwefel und $\frac{1}{2}$ Gran Phosphor assimilirbar vorhanden sein. Jene 434 Pfd. Erde entsprechen fast 3□ Fuss Oberfläche. Setzen wir nun voraus, dass dieser Phosphor und Schwefel wirklich von Schwefel- und Phosphorwasserstoff stamme, wodurch die schwer durchzuführende Hypothese von der Zersetzung schwefel- und phosphorsaurer Salze umgangen wird, so müsste man annehmen, dass der Boden während einer Vegetationsperiode von 120 Tagen aus einer Luftsäule von 3□ Fuss Grundfläche binnen 24 Stunden 0,0088 Gran Schwefelwasserstoff, 0,0046 Gran Phosphorwasserstoff absorbire**. Und nehmen wir die Höhe der Luftsäule auch nur zu 3000 Fuss, also nur 54000 Cub. F. Luft, als hier in Frage kommend, an, so würde der Cub.-Fuss Luft nur $\frac{1}{5400000}$ eines Grans Schwefelwasserstoff, $\frac{1}{10800000}$ eines Grans Phosphorwasserstoff zu enthalten brauchen, um dem Bedarf der Pflanze zu genügen. Es wird wohl Niemand die Abwesenheit dieser Quantitäten in der Luft nachweisen wollen, und die Möglichkeit ihrer Gegenwart liegt bei den vielfachen Fäulnissprocessen, bei denen Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff frei wird, zu Tage, zumal da auch vulkanische Processe (z. B. die vielen Schwefelquellen) bedeutende Quantitäten wenigstens von Schwefelwasserstoff und wahrscheinlich auch von Phosphorwasserstoff in die Luft entsenden. So viel ist wenigstens zunächst klar, dass wir vorläufig diese Minimalmengen ganz aus dem Spiel lassen können, da noch bei weitem wichtigere Fragen unerledigt sind.

§. 191.

Die Pflanzenwelt im Allgemeinen erhält ihre organischen Elemente durch Kohlensäure, Ammoniaksalze und Wasser, wahrscheinlich ist das auch für alle einzelne Pflanzenarten, mit Ausnahme der ächten Parasiten, gültig. Doch können wir zur Zeit noch nicht behaupten, dass die auf einen Moorboden angewiesenen Pflanzen nicht auch wesentlich der organischen Nahrung bedürfen. Die Ernährung durch unorganische Verbindungen gilt ohnehin nur für die bewurzelte Pflanze und an dieser nur für die Wurzelzellen, alle anderen Zellen und die noch als Zweige, Knospen, Keime mit der Mutterpflanze in Verbindung stehenden Individuen leben ausschliesslich von schon mehr oder weniger assimilirten Stoffen.

Man würde sehr unrecht thun und das Wesen der leitenden Maximen durchaus verkennen, wenn man in dem früher Vorgetragenen schon eine Theorie der Pflanzenernährung erblicken und danach über die Ernährung der einzelnen Pflanze absprechen

* Sei es, dass dieses schon als solches in der Atmosphäre vorhanden, sei es, dass der Stickstoff desselben bei vorgehendem Verwesungsprocesse zu Ammoniak wird.

** Erbsen, eine der stickstoffreichsten Culturpflanzen, liefern auf den Morgen etwas mehr als 50 Pfd. N. Im Eiweiss kommen nach *Mulder* auf 15,83 N 0,68 S und 0,33 P. — Nehmen wir auch den allerexorbitantesten Fall, nämlich die Luzernecultur (vide Anhang) im 3. Jahre als allgemein an, so würden auf den Cubikfuss Luft doch höchstens $\frac{1}{100000}$ Gran Schwefelwasserstoff und $\frac{1}{200000}$ Gran Phosphorwasserstoff kommen.

wollte. Zu einer Theorie der Pflanzenernährung muss man erst noch die Pflanze in ihren andern Beziehungen kennen gelernt haben und hier tritt abermals die leitende Maxime der Selbstständigkeit alles Zellenlebens entscheidend dazwischen. Jede Zelle lebt für sich. Was für die eine Zelle gilt, braucht nicht auch für die andere zu gelten. Eine kann unmittelbar der unorganischen Natur gegenüber stehen, die andere aber durch ihre räumliche Verbindung mit andern Zellen zur Pflanze in ein mittelbares Verhältniss zur Natur gesetzt werden. Sie empfängt denn auch ihre Nahrung nicht mehr unmittelbar aus der allgemeinen Nahrungsquelle, sondern durch Vermittlung der andern Zellen, also schon modificirt, assimilirt. Beide Verhältnisse können für dieselbe Zelle zu verschiedenen Perioden ihres Lebens stattfinden. So leben die meisten Zellen der zusammengesetzten Pflanzen, so Zweige, Blätter und Blüthen, so endlich auch die Parasiten nur oder fast nur von assimilirter Nahrung. Jede Knospe, jeder Zweig ist ein neues Individuum, welches, von der Mutterpflanze gesäugt, ausschliesslich von schon organisch gewordener Materie lebt und so, wie es ist, sogar völlig unfähig erscheint von unorganischer Substanz zu leben, diese zu assimiliren. Zu diesem Zwecke muss es vielmehr erst ganz eigenthümliche Zellen (Wurzeln) bilden, durch welche es dann in den Stand gesetzt wird, unorganische Stoffe aufzunehmen und in organische Verbindungen überzuführen. Aber selbst diese Wurzelzellen behalten die Fähigkeit, unorganische Substanz für die Pflanze zu assimiliren, nur eine kurze Zeit, auch den älter gewordenen Wurzelzellen wird von den indess neu entstandenen schon assimilirte Substanz zugeführt.

Eine schon im vorigen Paragraphen berührte Frage bedarf erst einer experimentellen Entscheidung, und man könnte sie so aussprechen: giebt es wirklich Hysterophyten, wie *Unger* und *Endlicher* (schon durch die Bildung dieses Namens) behauptet haben und wenn es dergleichen giebt, wie viele Pflanzengruppen gehören zu ihnen und in welcher Weise ist ihre Abhängigkeit von einer vorhergehenden Vegetation aufzufassen? Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Parasiten Hysterophyten sind, d. h. dass ihre Bildung nicht eher möglich war, als bis sich die Subjecte, auf denen sie wurzeln, gebildet hatten. Eben so sicher lässt sich dies von einem grossen Theile der Pilze behaupten, die sich durchaus niemals auf anderem, als auf einem aus zersetzten Organismen gebildeten Boden entwickeln. Endlich scheint die Schwierigkeit der Cultur so vieler eigentlichen Torfmoorpflanzen auf anderem als ihrem natürlichen Boden ein ähnliches Verhältniss anzudeuten. Bei den ächten Parasiten ist nun die Ernährung derselben durch die (stets schon assimilirten) Säfte des Subjects, wie es scheint, unzweifelhaft. Von diesen bis zu den Algen und Lemnaceen, welche ganz sicher bei Gegenwart von Wasser, Kohlensäure und Ammoniak gesund vegetiren können, sind aber eine ganze Reihe von Mittelstufen wenigstens möglich und nur Unwissenheit kann so von vorn herein über die Frage absprechen, ob nicht ein Theil der übrigen Pflanzen ganz oder in mehr oder minderem Maasse in ihrer Ernährung an organische Stoffe als solche gewiesen sei. Durch die in dem vorigen Paragraphen mitgetheilten Thatsachen wird nun allerdings so viel klar, dass für die allermeisten Culturpflanzen und solche Pflanzen, über welche brauchbare Beobachtungen vorliegen, die organische Substanz des Bodens als das hauptsächliche Nahrungsmittel schon deshalb nicht betrachtet werden kann, weil sie der Masse nach im Verhältniss zum Bedürfniss der Pflanzen gar nicht in Betracht kommt.

Dagegen bleiben die eigentlichen Torfmoorpflanzen noch als solche stehen, über welche nur Versuche entscheiden können, ob ihre Nahrung nicht wenigstens für den Bedarf an Kohlenstoff wesentlich in organischer Substanz als solcher besteht, da wir wissen, dass hier organische Substanz in grösster Menge löslich vorhanden ist und da wir keinen Beweis bis jetzt dafür haben, dass die Pflanzen nicht alles, was ihnen in löslicher Form dargeboten wird, aufnehmen.

Wichtig wird hier noch für alle in der Folgezeit anzustellenden Versuche, dass man immer darauf achtet, dass jede Zelle ihr eigenes Leben führt und dass daher,

was von der einen Zelle gilt, nicht nothwendig auch von der andern Zelle gelten muss. Für alle Zellen, mit Ausnahme der Wurzelzellen, giebt es gar keinen rohen Nahrungssaft in der Weise, dass er rein die Stoffe enthielte, die aus dem Boden aufgenommen sind. Alle diese Zellen leben von mehr oder minder schon assimilirten Stoffen, von einer Flüssigkeit, die insbesondere Eiweiss (oder dergl.), Dextrin, Traubenzucker und organische Säuren enthält, in welcher aber Gummi wahrscheinlich niemals, Rohrzucker nur zufällig in einzelnen Fällen vorkommt. Jedes Individuum also, welches als Zweig, Knospe oder Keim noch mit einer Mutterpflanze in Verbindung steht, oder in ähnlichem Verhältnisse wie z. B. ein abgeschnittenes Blatt, eine abgeschnittene Pflanze fortvegetirt, kann nicht allein möglicher Weise von gewissen organischen Stoffen leben, sondern bedarf ihrer sogar, so wie aber die Pflanze durch Wurzelbildung selbstständig geworden ist, wird sie als ganze Pflanze mit den eben entwickelten Beschränkungen auf die unorganischen Stoffe als Nahrung angewiesen. Jeder Schluss von Blättern und abgeschnittenen Pflanzentheilen auf die ganze Pflanze ist deshalb in dieser Beziehung falsch *.

§. 192.

Zur vollständigen Ernährung der Pflanze gehört aber nicht nur die Aufnahme der organischen Elemente und des mit stickstoffhaltigen Substanzen verbundenen Schwefels und Phosphors, sondern auch der unoganischen Salze, welche wir in ihnen finden. Bis jetzt kennen wir keine Pflanze (die Essigmutter ausgenommen), die nicht beim Verbrennen Asche hinterliesse und die Aschenbestandtheile müssen ebenfalls der Pflanze dargeboten werden. Man muss sie als wesentliche Nahrungsmittel ansehen, wenn wir ihre Bedeutung auch nur noch sehr wenig kennen. Wir können die Pflanzen oder Pflanzenorgane nach den vorherrschenden (über 50 % betragenden) Aschenbestandtheilen nach *Liebig* in folgende vier Gruppen theilen:

Alkalipflanzen: saftige, mehl- und zuckerhaltige Pflanzen,
Kalkpflanzen: Dicotyledonen, Blätter, Früchte und Stengel,
Kieselpflanzen: Monocotyledonen, Blätter und Stengel,
Phosphorsäurepflanzen: stickstoffreiche Pflanzen, Saamen.

Für die Bedeutung der unorganischen Stoffe können wir jetzt nur zwei Andeutungen wagen. Die Kieselerde bei den Monocotyledonen und die Kalkerde bei den Dicotyledonen findet sich nämlich und zwar erstere ausschliesslich als Ablagerung in der Substanz der Zellwand und trägt hier offenbar in ähnlicher Weise wie die Kalkerde in den Knochen der Thiere wesentlich zur Festigkeit und Härte der Substanz bei. Dass die Alkalien bei Bildung der stickstofffreien Substanzen, die phosphorsauren Salze bei Bildung der stickstoffreichen eine Rolle spielen, wie man aus dem obigen zu schliessen geneigt sein könnte, ist wenigstens zur Zeit noch sehr zweifelhaft.

Die bis jetzt angestellten Untersuchungen über die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen sind noch viel zu neu, viel zu wenig umfassend und auch wohl noch lange nicht genau genug, um davon Schlüsse über den Ernährungsprocess ableiten zu können. Was nach den bisherigen Untersuchungen festzustehen scheint, ist, dass für jede Species (und Varietät) gewisse verschiedene Arten und Mengen von Stoffen so con-

---

* Vergleiche zu diesem ganzen Abschnitte den Anhang: *Boussingault's* Culturversuche einschliesslich Luzerne; Tabelle über N und phosphorsäuregehalt, Kalk- und Kali- u. s. w. Pflanzen; die Kuhlmann'schen Versuche.

stant sind, dass wir sie als wesentliche Bestandtheile der Pflanzen ansehen müssen, ohne welche ihre Vegetation, ihre Ernährung nicht möglich ist, die ihnen also auch als Nahrungsmittel dargeboten werden müssen. Ja wir dürfen vielleicht schon jetzt behaupten, dass die specifische Verschiedenheit der Pflanzen, so weit sie den Ernährungsprocess betrifft, nahebei ausschliesslich auf den unorganischen Bestandtheilen beruht, indem die zur Bildung der fast überall gleichen oder sehr ähnlichen organischen Bestandtheile nöthigen Elemente allen Pflanzen in gleicher Weise zu Gebote stehen und daher gar keine Verschiedenheit, als höchstens eine quantitative bedingen können. Wenn man nach den früheren Aschenanalysen Pflanzentheile, die reich an Stoffen der Dextrinreihe sind, auch reich an Kali und Natron, Organe, die viele Proteinverbindungen enthalten, auch viel phosphorsaure Salze enthaltend fand, so lag der Schluss nahe, dass die Alkalien mit dem chemischen Bildungsprocesse der Dextrinreihe, die phosphorsauren Salze mit der Entstehung der Proteinverbindungen im engsten und wesentlichsten Zusammenhange ständen. Es scheint ferner die Festigkeit der Zellenwände zum Theil von aufgenommenen unorganischen Stoffen, die in ihrer Substanz abgelagert sind, abzuhängen und zwar für die Monocotyledonen Kieselerde, für die Dicotyledonen Kalk und Talkerde in dieser Beziehung charakteristisch zu sein.

Geht man indess näher auf die bisherigen Untersuchungen über die Aschenbestandtheile der Pflanzen ein, so findet man bald, dass zur Zeit noch alle Schlüsse aus den bisherigen Erfahrungen als durchaus voreilig erscheinen müssen. Als Beispiel kann folgende Gleichung dienen, welche auf die besten der bisherigen Untersuchungen* gegründet ist.

Der Sauerstoff der Basen		verhält sich wie	die Proteinverbindungen	
der Cerealien	der Hülsenfrüchte		der Cerealien	der Hülsenfrüchte
2,98	: 4,31	=	143,3	: 207,0
			nach der Gleichung	229,0

und ebenso

die Phosphorsäure		verhält sich wie	die Kohlenhydrate	
der Hülsenfrüchte	der Cerealien		der Hülsenfrüchte	der Cerealien
10,00	: 12,44	=	482,0	: 598,6
			nach der Gleichung	649,0.

Dies widerspricht geradezu den Ansichten von *Liebig* und *Boussingault*, ohne weniger gut begründet zu sein.

Die sämmtlichen bis jetzt angestellten Aschenanalysen können auch nicht füglich zu physiologischen Theorien benutzt werden, weil sie unter einander in ihrem Werthe zu sehr abweichen, als dass sie sich mit einander verbinden liessen. Die Resultate werden noch gar zu sehr von der Verschiedenheit der Methode bedingt. Ein stärkeres oder schwächeres Glühen der Asche giebt sogleich andere Quantitäten und Qualitäten und nur die Methoden von *H. Roose* durch oftmalig wiederholtes Verkohlen und Extrahiren der Kohle mit Wasser und Salzsäuren bis zuletzt die Veraschung vollendet ist, versprechen annähernd richtige Resultate. Im Allgemeinen werden aber zur Zeit nur grosse Reihen von Aschenanalysen, welche durchweg unter denselben Umständen nach einer und derselben Methode angestellt sind, physiologischen Betrachtungen zu Grunde gelegt werden können, weil die Fehler dann höchst wahrscheinlich bei allen gleich und gleichartig sind, also die Resultate wenigstens relativ richtig sind, während aus der Zusammenstellung einer Analyse von *Saussure* und von *Liebig*, einer von

* Ueber die Grundlagen vergl. Encyclopädie der theoretischen Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf Landwirthschaft von *Schmidt* und *Schleiden*, Braunschweig 1850. Bd. 3. S. 136 ff.

Boussingault und einer von *H. Roose* absolut gar nichts folgt und folgen kann, was für die Wissenschaft einen bleibenden Werth verspricht.

II. Aufnahme der Nahrungsstoffe und Ausscheidungen.

§. 193.

Wir haben zunächst, ohne Rücksicht auf ihre Bedeutung, alle Processe, die an der äussern Grenze der Pflanze vor sich gehen und durch welche Stoffe in die Pflanze hinein oder aus derselben hinausgeführt werden, in Betracht zu ziehen und zwar

1. *Nach der Form der Stoffe.*

Alle Stoffe, welche die Pflanze aufnehmen oder ausscheiden soll, müssen durch eine homogene mit Flüssigkeit getränkte Membran, die Zellenmembran, dringen, also in Wasser, als dem einzigen allgemeinen Lösungsmittel auflöslich sein. Nur als Flüssigkeiten, Dünste oder Gasarten können also Stoffe ein- und austreten. Unauflösliche Stoffe können nie Nahrungsmittel der Pflanze werden, ohne erst durch einen chemischen Process ausserhalb der Pflanze zersetzt worden zu sein.

Es bedarf dieser Paragraph wohl keiner weitern Erläuterung. Die Pflanze hat keinen Magen, kein Analogon desselben, also auch keine Verdauung. Diese hat bei den Thieren wenigstens als Einen wesentlichen Zweck, die Stoffe aus den festen in dem flüssigen Aggregatzustand, aus einer unlöslichen in eine lösliche Form überzuführen, dann erfolgt die Aufnahme durch Vermittlung homogener Membranen. Die Pflanze aber muss alle Stoffe, deren sie bedarf, schon aufgelöst vorfinden, sie hat keinen Magensaft, um Stoffe chemisch zu zersetzen und auflöslich zu machen, wenn sie es nicht schon sind, sie hat keine Speicheldrüsen, um da, wo es an Lösungsmitteln fehlt, dieselben hinzuzufügen. Die organischen Elemente: Kohlenstoff und Stickstoff sind nur zu Kohlensäure und kohlensauren Ammoniak verbunden, als in Wasser löslich vorhanden. Daher ist denn die Vegetation zunächst von der Gegenwart des Wassers, als des allgemeinen Lösungsmittels abhängig; völlig wasserlose Gegenden sind auch völlig unfähig Pflanzen zu tragen, wie die Sahara, ein Theil der Gobiwüste u. s. w. Der dürrste Sand wird durch Wasser sogleich fähig, eine, wenn auch noch so kümmerliche Pflanzendecke zu ernähren. Mit der steigenden jährlichen Regenmenge von den Polen nach dem Aequator, oder richtiger, mit der steigenden absoluten Menge des Wasserdampfs in der Atmosphäre hängt auch aufs engste die Ueppigkeit der Vegetation zusammen.

Die unorganischen Elemente sind aber, so wie sie ursprünglich der festen Rinde unsers Planeten angehören, selten oder nie auflöslich. Hier muss erst ein chemischer Process von einem mechanischen unterstützt, mit einem Wort die Verwitterung dazwischen treten, um gleichsam für die Pflanze zu verdauen. Dabei kommen aber zwei sich scheinbar widersprechende Anforderungen in Frage. Die Stoffe, welche von der Pflanze aufgenommen werden sollen, müssen, wie sich von selbst versteht, auflöslich sein, aber sie dürfen auch nicht leicht auflöslich sein* oder müssen nur sehr allmälig in geringen Mengen in auflösliche Form aus unauflöslichen Verbindungen ausgeschie-

---

* Hierauf beruht das Geheimniss des *Liebig*'schen Patentdüngers. Er behauptet, es sei ihm gelungen, auch die leicht löslichen Salze (oder Stoffe) in Form von schwer löslichen Verbindungen herzustellen. Vergl. »Der neu erfundene Patentdünger des Prof. Dr. *Liebig* etc. a. d. Engl. von Dr. *Petzholdt*, 1846.«

den werden. Die Pflanze bedarf nämlich der unorganischen Bestandtheile des Bodens fortwährend, aber jedesmal nur in sehr geringer Menge. Sie bedarf z. B. des kohlensauren Kalis. Aber eine grosse Menge dieses Salzes im Boden würde entweder von einem starken Regen ausgelaugt oder bei einer allmäligen Verdunstung des Wassers so concentrirt werden, dass es nothwendig zerstörend auf die Pflanze wirken müsste. Entweder muss daher ein Salz zu den schwerlöslichen gehören, wie Gyps, kohlensaurer Kalk u. s. w., wo bei jeder beliebigen Menge Wasser doch der procentige Gehalt desselben an Salz derselbe bleibt, weil bei Verringerung der Wassermenge sich eine entsprechende Menge des Salzes als unlöslich ausscheidet, oder das Salz muss, wie die phosphorsauren oder kohlensauren Alkalien, immer nur ganz allmälig durch Verwitterung und Verwesung in Freiheit gesetzt werden. Dies Letzte gilt aber auch wieder von der schwer auflöslichen Kieselerde, die so leicht und so schnell wieder in den unlöslichen Zustand übergeht, dass nur dann den Pflanzen, die dieses Stoffes nothwendig bedürfen, derselbe immer genügend zu Gebote steht, wenn fortwährend Silicate oder organische Substanzen in der Weise im Boden zersetzt werden, dass die nöthige Menge auflöslicher Kieselerde vorräthig ist. Gasarten treten natürlich in dieselbe Kategorie wie flüssige Stoffe, da alle Gase, die hier in Frage kommen, mehr oder minder im Wasser löslich sind und da es für das Verhalten verschiedner Gasarten zu einander, die durch eine feuchte, homogene Membran getrennt sind, fast ganz gleich ist, ob beide Gasarten frei, ob eine oder beide vom Wasser aufgelöst sind.

2. *Nach der Form des Processes.*

§. 194.

Wir müssen den Process der Aufnahme und Ausscheidung in dreifacher Weise betrachten nach der Form des Stoffes.

1. Die Aufnahme und Ausscheidung tropfbar flüssiger Stoffe. Hierbei kommt Aufnahme und Ausscheidung durch Austausch und selbstständige Ausscheidung in Frage.

2. Die Aufnahme und Ausscheidung dunstförmiger Stoffe, die stets selbstständig erfolgen.

3. Die Aufnahme und Ausscheidung von Gasarten, die wieder sowohl durch Austausch, als isolirt auftreten.

Man kann diese drei Verhältnisse auch kurz als Ernährung, Transspiration und Athmungsprocess bezeichnen, nur darf man dabei durchaus nicht an die gleichbenannten Verhältnisse bei den Thieren denken.

§. 195.

Die Aufnahme von tropfbar flüssigen Stoffen geschieht wahrscheinlich meistens, wenn auch nicht immer, in Begleitung einer gleichzeitigen geringen Ausscheidung nach den Gesetzen der Endosmose.

In Bezug auf die Endosmose sind drei Verhältnisse der Pflanze zu den Mitteln, in welchen sie vegetirt, zu unterscheiden. Der einfachste und natürlichste Fall ist die Vegetation der Pflanze in Wasser oder vollkommen mit Wasser gesättigtem (Sumpf-) Boden. Hier sind die Zellenwände unmittelbar mit der Flüssigkeit in Berührung und nehmen alle endosmotisch auf, sobald nicht ein eigenthümlicher Ueberzug sie dagegen schützt; dabei wird eine geringe chemische oder physikalische

Differenz des Zelleninhalts von dem umgebenden Wasser genügen, den endosmotischen Process zu unterhalten.

Der zweite Fall ist der, wo die Zellen nur mit festen Stoffen in Berührung kommen, denen die Eigenschaft zukommt, Wasser zu absorbiren. Hier wird der Zelleninhalt schon eine bei weitem grössere Verschiedenheit von dem absorbirten Wasser haben müssen, weil die Kraft der endosmotischen Anziehung auch die Kraft, mit der das absorbirte Wasser festgehalten wird, zu überwinden hat. Das allgemeinste und wichtigste Medium bilden hier die aus der Zerstörung vegetabilischer Substanzen hervorgegangenen kohlenstoffreichen Substanzen, die der Gärtner mit dem Collectivnamen Baumerde (Dammerde, *humus*) bezeichnet. Oft sind es auch unorganische, mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften begabte Substanzen. Wichtig wird hier ihre grössere oder geringere Kraft, mit der sie Wasser, Kohlensäure und Ammoniaksalze aus der Atmosphäre absorbiren und condensiren. In beiden Beziehungen geht die Baumerde allen andern Bestandtheilen vor. Eine besondere Aufgabe der Cultur ist: dem Boden, auf dem Pflanzen wachsen sollen, diese physikalischen Beschaffenheiten in möglichster Vollkommenheit mitzutheilen.

Der dritte Fall ist der, wo Pflanzen nur in der Luft vegetiren. Bis jetzt ist nur wahrscheinlich, nicht gewiss, dass dieser Fall wirklich vorkommt; nämlich für die Vegetation insbesondere der tropischen Orchideen. Hier scheint die Wurzelhülle die Dammerde zu ersetzen und aus der Luft die nöthigen Nahrungsstoffe zu absorbiren.

In allen diesen Fällen aber muss die Aufnahme der Stoffe, die durch Endosmose geschieht, immer mit einer, wenn auch nur geringen Ausscheidung verbunden sein. Diese Ausscheidung trifft stets den endosmotisch wirkenden Zelleninhalt, also assimilirte Pflanzenstoffe; ein Vergleich mit Excrementen als Stoffen, die von der Pflanze abgenutzt seien, ist hier völlig unanwendbar und durch keine irgend genauen Versuche gestützt.

Bis jetzt kennen wir keinen andern Process, durch welchen Flüssigkeiten ins Innere der Zelle gelangen könnten, als den der Anziehung in der Mischung, den man, modificirt durch eine zwischen beide differente Flüssigkeiten gelegte durchdringliche Membran, jetzt Endosmose zu nennen pflegt. Wir können daher diese Aufnahme bis jetzt auch unter keinem andern Gesichtspunkte betrachten, wobei wir aber nicht ausser Acht lassen dürfen, wie neu noch die Beobachtungen über Endosmose selbst sind und wie viele unerledigte Fragen sich daher hier noch aufdrängen, deren Beantwortung wir nur von fortgesetzten genauen Beobachtungen zu erwarten, nicht aber durch angebliche Theorien und Hypothesen zu anticipiren haben. Man hat nun zwar bisher viele Standorte der Pflanzen unterschieden, aber weil man über den Process der Aufnahme nichts wusste, konnte man diese verschiedenen Standorte auch nicht danach bestimmen, wie sie sich zu der Art und Weise der Nahrungsaufnahme verhalten. Sobald man aber die Endosmose als den Grund der Aufnahme ansieht, muss man auch die angegebenen drei ganz verschiedenen Verhältnisse einer besondern Betrachtung unterwerfen. Der einfachste Fall, in welchem die Pflanze ganz oder grösstentheils mit dem Wasser in Berührung steht, ist aber allerdings, zumal bei den Pflanzen, die bisher fast allein der Gegenstand der Physiologie waren, nämlich den Phanerogamen, gerade der seltenste und gleichwohl sind alle endosmotischen Experimente bisher nur für diesen einen Fall gemacht worden. Es ist auf jeden Fall eine grosse Oberflächlichkeit, wenn man die endosmotischen Erscheinungen so ohne Weiteres auf Pflanzen anwendet, die in der Erde, auf Steinen, Holz u. s. w. vegetiren, ohne sich von dem wesentlichen Unterschiede, der hier in dem Verhalten des Wassers zur Pflanze sich

zeigt, Rechenschaft zu geben, ohne dies eigenthümliche Verhältniss aufzuklären, oder wenigstens auf die Lücke in unsern Kenntnissen aufmerksam zu machen. Dieser Vorwurf trifft aber nicht minder alle früheren Pflanzenphysiologen, deren ganze Behandlung dieser Lehre nur das Verhältniss der Pflanze zum freien Wasser in's Auge fasst und die daraus hervorgehenden Resultate *bona fide* auf die in der Erde wachsenden Pflanzen anwendet. Zunächst wird man sich bei weitem genauer, als bisher geschehen, davon Rechenschaft zu geben haben, in welchem Zustande eigentlich das Wasser im Boden und namentlich in einem seiner wesentlichsten Bestandtheile, im Humus, enthalten ist. Dass hier eine für die Vegetation durchaus nicht unwesentliche Verschiedenheit vorhanden sei, zeigen die Verschiedenheiten der Wurzeln derselben Pflanze, wenn sie in der Erde oder im Wasser sich bilden. Im letztern Falle ist ihre ganze Oberfläche glatt, im erstern wachsen meist alle Zellen ihrer Oberhaut um so mehr, je lockerer die Erde ist, zu langen Papillen aus, um sich mit einer möglichst grossen Fläche den kleinsten Erdklümpchen anschmiegen zu können. Die im Wasser wachsenden Wurzeln bestehen nun in der That aus verhältnissmässig weiten Zellen, deren Inhalt sehr dünnflüssig erscheint; in der Wurzelspitze der Landpflanzen dagegen, in dem Theile, durch welchen die Pflanzen am meisten Nahrungsflüssigkeit aufnehmen, findet sich ein sehr zartes kleinzelliges Gewebe, dessen Inhalt höchst concentrirt zum grossen Theile aus Schleim, also aus sehr stark endosmotisch wirkenden Substanzen besteht. Diese oder eine ähnliche Verschiedenheit muss sich aber hier auch zeigen, wenn die Ernährung durch Endosmose bei den in der Erde wachsenden Pflanzen von Statten gehen soll, da hier die Kraft der Anziehung in der Mischung auch noch die Kraft zu überwinden hat, mit welcher das absorbirte Wasser in den Bestandtheilen des Bodens zurückgehalten wird. Auch hier lassen sich Versuche anstellen und müssen angestellt werden, ob es einen Unterschied macht und welchen, wenn man die diluirte Flüssigkeit aussen am Endosmometer durch eine Dammerde ersetzt, welche dieselbe Flüssigkeit in sich aufgenommen.

Erst in neuester Zeit haben wir über die physikalischen Eigenschaften der wichtigsten, im Boden vorkommenden Substanzen einige genauere Aufschlüsse erhalten und sie in Folge dessen in einem ganz andern Lichte betrachten lernen. Im Allgemeinen besteht der Boden aus den durch die Einwirkung der Atmosphärilien zersetzten und verkleinerten Gebirgsarten, also in einem Gemenge unauflöslicher und löslicher, schwerer oder leichter zersetzbarer unorganischer Verbindungen, gewöhnlich gemischt mit einem grösseren oder geringeren Antheil von in Zersetzung begriffenen organischen Substanzen. Jenen verschiedenen unorganischen und organischen Verbindungen kommt nun in sehr verschiedenem Grade die Eigenschaft zu, in unverbundenen kleinen Theilen locker neben einander zu liegen, oder sich zu fester, undurchdringlicherer Masse zu vereinigen, das Wasser in sich aufzuhalten oder durchzulassen, Wasserdampf aus der Atmosphäre zu verdichten, Kohlensäure, Sauerstoff und Ammoniakgas zu absorbiren u. s. w. Auf diesen verschiedenen Eigenschaften aber beruht im Allgemeinen und wesentlich die grössere und geringere Fruchtbarkeit eines Bodens, in sofern es nur darauf ankommt, die Aufnahme der Nahrungsmittel den Pflanzen möglich zu machen, den endosmotischen Process zu begünstigen oder zu erschweren. Insbesondere ist in dieser Beziehung die halb zerstörte organische Substanz, die mit einem Collectivworte *humus* genannt wird, wichtig, indem derselben vorzüglich die Eigenschaft, Wasserdämpfe und Gasarten zu absorbiren und Feuchtigkeit längere Zeit festzuhalten, im höchsten Grade zukommt, in welcher Beziehung nur die Holzkohle ihr nahe zu stehen scheint. Letztere hat sich daher auch in den von *Lucas* angestellten Versuchen besonders vortheilhaft für die Vegetation vieler Pflanzen erwiesen und scheint gewissen Pflanzen ausnehmend zuzusagen, weshalb man auch fast immer auf allen verlassenen Meilertennen eine ganz bestimmte, sich stets gleichbleibende Vegetation findet, zu der z. B. namentlich *Marchantia polymorpha*

und *Funaria hygometrica* gehören. Speciellere Ausführungen dieses ganzen Verhältnisses gehören dem Ackerbau und der Gärtnerei an.

Endlich den dritten, im Paragraphen erwähnten Fall anbelangend, so gestehe ich gern ein, dass er von mir nur hypothetisch aufgestellt ist, denn zur Begründung desselben fehlt mir nicht mehr als Alles. Betrachtet man aber die tropischen Orchideen, wie sie auf kleinen Korkstückchen in unsern Treibhäusern munter vegetiren, oft nur eine oder zwei von ihren Wurzeln mit einer Seite an das Korkstück andrückend, während alle übrigen frei, in die Luft hinaushängen, bedenkt man den eigenthümlichen Ueberzug, der diese Wurzeln von allen andern Wurzeln unterscheidet, dessen sehr schwammiges Zellgewebe ganz geeignet scheint, gleich andern ähnlichen Körpern, z. B. der Holzkohle zu wirken, indem er Gasarten und Wasserdunst aus der Atmosphäre anzieht, so erscheint es ziemlich natürlich, die Sache so aufzufassen, wie ich im Paragraphen gethan. Auch hier liegen schöne Reihen von Versuchen noch vor uns, namentlich über die Fähigkeit der Wurzelhüllen, Wasserdunst und Gasarten aus der Atmosphäre zu verdichten und so der Wurzel selbst zuzuführen.

Einige Beobachtungen früherer Forscher, die an sich ganz richtig waren, aber viel zu früh und noch dazu unter der falschen leitenden Maxime der Analogie der Pflanze mit dem Thiere zu theoretischen Ansichten verarbeitet wurden, haben uns mit der ganz eignen Lehre von den Excrementen der Pflanzen beschenkt, die auf's Breiteste in der Geschichte unserer Wissenschaft abgehandelt und zuletzt noch auf die wunderlichste Weise von *Liebig* missbraucht worden ist. Die historisch wichtigen Momente sind etwa folgende. *Duhamel** beobachtete zuerst das Ankleben der Erde an den Wurzelspitzen und *Brugmans*** eine bräunliche Substanz an den im Wasser gewachsenen Wurzeln. *Brugmans* und *Coulon**** zogen hieraus und aus der Thatsache, dass gewisse Pflanzenarten, z. B. Hafer und *Cnicus arvensis*, *Polygonum fagopyrum* und *Spergula arvensis* u. s. w., sich nicht neben einander vertragen, den Schluss, dass allen Pflanzen eine Wurzelausscheidung zukomme, die gewissen andern Pflanzen schädlich sei. Diese Theorie wurde vielfach bestritten und vertheidigt, ohne dass eine wesentlich neue Thatsache hinzugefügt wurde bis *Macaire Prinsep*† auf *De Candolle's* Veranlassung einige neue Versuche anstellte, welche die Wurzelausscheidung völlig erweisen sollten. Diese Versuche waren aber leider so ganz ohne Berücksichtigung der wesentlichen Bedingungen einer gesunden Vegetation und aller bei solchen Versuchen nöthigen Vorsichtsmaassregeln angestellt, dass sie völlig werthlos erscheinen. Wenn man, wie *M. Prinsep* that, bewurzelte Pflanzen aus ihrem natürlichen Boden hebt, so ist dabei eine Verletzung mehrerer Wurzelspitzen fast unvermeidlich, und durch diese muss dem Wasser, in welches sie nachher gesetzt werden, nothwendig ein Theil der in ihnen enthaltenen Säfte mitgetheilt werden, und wenn *M. Prinsep* hinzufügt, dass eine Verunreinigung des Wassers nicht stattgefunden, wenn er abgeschnittene Zweige derselben Pflanze in's Wasser gesetzt, so ist das ein so offenbares *falsum*, dass man jedes Vertrauen zu seiner Fähigkeit, Versuche der Art anzustellen, verlieren muss. Die Unbrauchbarkeit dieser Experimente ist auch schon von *Meyen*††, von *Treviranus*††† und von *H. Mohl* *† zur Genüge auseinandergesetzt. Hält man nun aber dagegen die Versuche von *Unger* *†† und *Welser* *†††, die, mit aller mög-

* Naturgeschichte der Bäume, I, 107.

** *Dissertatio de Lolio ejusdemque varia specie L. B.* 1785.

*** *Dissertatio de mutata humorum indole etc., p.* 77 *sq.*

† *Mémoires de la société de Genève, V.* 287.

†† Physiologie, Bd. II. S. 528.

††† Physiologie, Bd. II. S. 117.

*† *Dr. J. Liebig's* Verhältniss zur Pflanzenphysiologie.

*†† Ueber den Einfluss des Bodens, S. 147.

*††† Untersuchungen über die Wurzelausscheidungen, Tübingen 1838.

lichen Umsicht und Accuratesse angestellt, ein völlig negatives Resultat gegeben haben, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass eine Wurzelausscheidung in der Weise, wie sie von *De Candolle*, *M. Prinsep* und *Liebig* angenommen worden, durchaus nicht existirt.

Dass eine Ausscheidung durch die Wurzelspitzen statthaben muss, ist wahrscheinlich, so lange man die Endosmose als Ursache der Aufnahme in dieselben festhält, dass sie aber quantitativ höchst unbedeutend sein müsse, ergiebt sich aus den Gesetzen der Endosmose, und dass sie fast nur indifferente assimilirte Stoffe und allenfalls einige Salze treffen könne, aus der Organisation der ganzen Pflanze, in der fast alle eigenthümlichen Stoffe so eingekapselt sind, dass eine Ausscheidung überall als sehr unwahrscheinlich erscheint, da dieselben ohnehin nie in den äussern Wurzelspitzen sich befinden, denen doch vorzugsweise die Function der Aufnahme zukommt. Vielleicht ist aber Annahme einer solchen Exosmose gar nicht einmal nothwendig, da neuere Untersuchungen eine Endosmose ohne Exosmose und dass das Eintreten der letztern als ganz specifisch von der Natur der beiden Flüssigkeiten abhängig nachzuweisen versuchen. Auch hier haben wir wesentliche Aufklärungen erst von ferneren sorgfältigen Untersuchungen zu erwarten.

§. 196.

Die Ausscheidungen tropfbarflüssiger Stoffe sind noch sehr wenig gründlich beobachtet, ich erwähne hier mehr nur beispielsweise folgende Verhältnisse:

1. Die Absonderung des tropfbarflüssigen Wassers aus Zellen, die von Wasser strotzen und nicht durch die Derbheit ihrer Wände oder durch einen äusseren Ueberzug vor dem Durchschwitzen des Wassers in bedeutenderer Menge geschützt sind, z. B. von den Drüsen in den Schläuchen der Nepenthes-Arten. Ob dieses Wasser in der That in tropfbarflüssiger Gestalt austritt, wissen wir zwar nicht, indess ist es wahrscheinlich; denn an anderen Stellen finden wir, dass das von solchen zartwandigen Zellengruppen ausgesonderte Wasser (scheinbar wenigstens) tropfbarflüssig ausgetreten sein muss, indem es an den Stellen, von denen es verdunstet, eine grössere Menge von Stoffen absetzt, als das nur als Dunst austretende Wasser möglicherweise hätte mit fortreissen können, z. B. den auscrystallisirten Zucker auf dem Spiegel der Fritillarien und auf den sonstigen Honigdrüsen, den kohlensauren Kalk auf den Randdrüsen der Blätter bei so vielen *Saxifraga*-Arten u. s. w.

2. Hierher gehören wahrscheinlich überhaupt alle Excretionen eigenthümlicher Stoffe an der Oberfläche der Pflanzen, z. B. die vielen klebrigen Säfte, nach denen wir eine Pflanze als *viscosus* bezeichnen.

3. Vielleicht hiermit zusammenhängend ist die allmälige Absonderung einer dickern oder dünnern Wachsschicht, der Reif (*pruina*) auf der Oberfläche vieler Pflanzen und Pflanzentheile, die man deshalb *pruinosae*, *glaucae* u. s. w. nennt. Nur allenfalls von dieser letzten Aussonderung können wir mit einiger Wahrscheinlichkeit eine Rückwirkung auf das Leben der übrigen Zellen und somit der ganzen Pflanze angeben, insofern dieser Ueberzug bei Flächen auch noch so thätiger Zellen die Fähigkeit zu transspiriren aufhebt.

4. Endlich ist hier noch die Ausscheidung der ätherischen Oele durch Verdunstung insbesondere von den Blattorganen und zumal in den Blüthenhüllen anzuführen.

Ueber diese Ausscheidungen sind wir noch völlig im Dunkeln. Wo eine ausgebildete Epidermis vorhanden ist, geht diese Absonderung stets nur in Folge krank-

hafter Zustände vor sich. Hierher gehört namentlich das Ausschwitzen zuckerreicher Säfte durch die Blätter, der sogenannte Honigthau, und auch wohl die Absonderung von Wassertropfen an Blättern von Gräsern, Aroideen, Pappeln, Weiden u. s. w. Es giebt aber gar viele Stellen der Pflanze, an denen keine Oberhaut und insbesondere keine gegen Durchschwitzung schützende Absonderungsschicht ausgebildet ist, wo deshalb auch die in den Zellen enthaltenen Säfte die Membran durchdringen und äusserlich frei erscheinen. Enthalten dann diese Säfte viele nicht flüchtige feste Stoffe, so wird das Wasser davon verdunsten und die Stoffe selbst werden an der Stelle, an der sie ausgesondert sind, sich anhäufen, und wenn ihre physikalischen Eigenschaften es erlauben, so können sie selbst dazu beitragen, den Aussonderungsprocess durch Endosmose zu verstärken. Am meisten Aufsehen in dieser Beziehung haben die starken Absonderungen klaren Wassers in den schlauchartigen Blättern vieler Pflanzen gemacht. Die Thatsache selbst ist bei *Nepenthes* sehr leicht zu constatiren, obwohl nicht zu leugnen, dass noch viel mangelhafte Beobachtungen sich eingemengt haben mögen. Bei *Saracenia* habe ich (freilich bei wenigen Beobachtungen) nie Flüssigkeit in den Schläuchen finden können, wenn sie nicht von Aussen hineingekommen war. Inwiefern die Beobachtungen bei den andern, schon in der Morphologie aufgeführten Pflanzen richtig sind, kann ich nicht entscheiden. Ueber den anatomischen Bau dieser Theile und die Vermittelung der Wasserausscheidung wissen wir noch viel zu wenig.

Ich habe schon früher bemerkt, dass ich mit dem Ausdruck Drüse bei Pflanzen durchaus keinen bestimmten Sinn verbinden kann. Wie verschiedenartig das Leben der einzelnen Zellen sei, gleichviel ob sie in verschiedenen Pflanzen oder in derselben Pflanze nebeneinander liegen, kann Niemand entgehen, der aufmerksam beobachtet. Es erscheint also ganz thöricht, jede Zelle oder Zellengruppe, die einen andern Stoff enthält, als die benachbarte, als Drüse (Absonderungsorgan) anzusprechen, da somit viele Pflanzen und Pflanzentheile nur aus Drüsen beständen. Es wäre doch lächerlich, wenn man eine Zelle, die ätherisches Oel enthält, eine Drüse nennen wollte, aber eine, die einen rothen oder gelben Farbestoff enthält, nicht; thut man aber das Letzte, so bestehen die meisten Blumenblätter nur aus Drüsen; die Oberhaut ist zuweilen Oberhaut, zuweilen Drüsenfläche, ja bei manchen einzelnen Zellen muss man in der That zugeben, dass sie zum Theil Drüsen sind, zum Theil nicht, was Alles offenbar keinen Sinn hat. Will man aber den Ausdruck Drüsen durchaus bei der Pflanze beibehalten, so kann man ihn nur auf diejenigen Zellen und Zellgewebsmassen anwenden, die in Folge besonderer Structur besondere Flüssigkeiten aussondern und nicht blos enthalten. So passt der Ausdruck Drüsen, ausser auf die im nächsten Paragraphen zu erwähnenden Saftbehälter (innere Drüsen), nur noch auf bestimmte Gruppen von Zellen an der Oberfläche der Pflanzen, die, von keiner Epidermis gedeckt, mit ganz zarten Zellenwänden frei liegen und daher ihren Inhalt beständig austreten lassen. Solcher Art sind z. B. die Wasser absondernden Drüsen in den *Nepenthes*-Schläuchen, die Kalk absondernden Flächen an den Einkerbungen der Blätter bei *Saxifraga aïzoon*, *longifolia* u. s. w., und fast alle wirklich absondernden sogenannten Nectarien und alle wirklich absondernden Anhängsel der Epidermis.

Der letzte im Paragraphen berührte Punkt ist theils schon früher zur Genüge berührt, theils lässt sich die an und für sich klare Thatsache der Entwickelung von ätherischen Oelen (Gerüchen) durch die Blumen und andere wohlriechende Pflanzentheile bis jetzt nicht weiter aufklären. Ausführliche Zusammenstellung aller bisherigen Kenntnisse über diesen Punkt findet man in *Morren, Rapport sur le Mém. de Mr. Aug. Trinchinetti de odoribus florum, etc.* (1839) (*Extrait du tom. VI. No.* 5 *des Bullet. de l'academie royale de Bruxelles.*)

§. 197.

Der zweite hier zu betrachtende Process ist die Transspiration. Von Pflanzentheilen, die einer Atmosphäre ausgesetzt sind, die nicht schon vollständig mit Wasserdünsten gesättigt ist, verdunstet fortwährend das Wasser. Dieser Process ist rein physikalisch und geht, wie es nach den Untersuchungen scheint, ununterbrochen nach Verhältniss der Trockenheit und Bewegung der Atmosphäre, sowie der Temperatur und der zur Ausdünstung geschickten Fläche vor sich. In letzterer Beziehung ist insbesondere zu bemerken, dass höchst wahrscheinlich die Epidermis dem verdunstenden Wasser keinen Durchgang gestattet, sondern nur dem von den Zellen in die benachbarten Intercellulargänge sich verbreitenden Wasserdunst durch die Spaltöffnungen auszutreten erlaubt, wenn diese nicht durch zu starke Verdunstung und dadurch bewirkte Erschlaffung (?) sich schliessen. Das auf diese Weise ausgehauchte Wasser ist natürlich niemals ganz rein, besonders enthält es stets eine geringe Menge vegetabilischer Substanzen, die aber nicht näher analysirt sind.

Ausser dieser Verdunstung des Wassers findet bei sehr feuchter Atmosphäre und besonders bei Pflanzen, die vorher sehr ausgedünstet haben, auch eine Aufnahme von Feuchtigkeit durch die grünen Theile statt, indess sind die darüber angestellten Versuche noch viel zu wenig genau und zweckmässig, um hier eine mögliche Erklärung zu gestatten.

Auch die Lehre von der Transspiration bedarf noch mannigfacher Wiederholung und Verbesserung der bisher darüber angestellten Versuche, namentlich bedürfen wir eine Reihe von Experimenten, bei denen mit möglichster Genauigkeit der Unterschied zwischen der Menge des aufgenommenen und des ausgehauchten Wassers, also die Menge des zur Ernährung der Pflanze verwendeten bestimmt wird. Vielleicht liessen sich daraus, in Verbindung mit einer gleichzeitigen Bestimmung des ausgehauchten Sauerstoffs, sehr bestimmte Schlüsse auf die im Innern der Pflanzen vorgehenden chemischen Processe, namentlich die Zersetzungen, bauen. Auch ist noch zu ermitteln, in welchem Verhältnisse die Ausdünstung des Wassers zur Einsaugung desselben steht. Die Thatsache der Einsaugung selbst scheint durch die Versuche von *Hales* völlig constatirt, aber über die Art und Weise und den Grund der Aufnahme sind wir noch völlig im Dunkeln. Eine genaue Kenntniss beider Verhältnisse ist aber um so wichtiger, als die Verdunstung oder Einsaugung von Wasser, sowie die jedesmalige Tension des Wasserdampfes nicht ohne Einfluss auf die verschiedenen Arten der Ausgabe und Einnahme der Gasarten sein kann, und gleichwohl ist dies Verhältniss bei den bisherigen Versuchen über die sogenannte Respiration der Pflanzen gar nicht berücksichtigt worden.

Ueber die Organe, welche eigentlich die Ausdünstung vermitteln, herrscht ebenfalls sehr viel Ungewissheit. Mir scheint es sehr unwahrscheinlich, dass die lebendige Oberhaut an andern Stellen als durch die Spaltöffnungen für Wasser und Wasserdampf permeabel sei; die Gründe dafür habe ich schon früher (S. 463) entwickelt.

Eine bekannte Thatsache ist es ferner, dass jedes verdunstende Wasser von den Stoffen, die es aufgelöst enthält, und wären sie auch noch so wenig flüchtig, einen Theil mit fortreissen kann. Ich will hier nur an den entschiedenen Salzgehalt der von grossen Meeren herziehenden Nebel erinnern. Deshalb ist es sehr natürlich, dass das von der Pflanze verdunstende Wasser nicht ganz rein ist. Auch hier fehlen uns aber genaue Analysen, aus denen wir erfahren könnten, welches vorzugsweise die mitgenommenen Substanzen sind.

Die natürliche Folge der beständigen Verdunstung des Wassers von den der Luft ausgesetzten grünen Pflanzentheilen ist die fortwährende Concentration der Säfte in

den Zellen, welche zunächst die Verdunstung trifft. Hierdurch wird aber beständig die Endosmose von den Zellen her, die nicht unmittelbar der Verdunstung ausgesetzt sind, unterhalten, ein Verhältniss, das später noch weiter auszuführen ist.

Ueber die ganze Transspiration der Gewächse haben wir bis jetzt die Versuche von *Hales* *, *Guettard* **, *Sennebier* *** und von *Schübler* und *Neuffer* † anzuführen.

Der wunderliche Hang, dem Leben stets etwas Besonderes, den physikalischen Kräften Fremdes zu vindiciren, hat auch bei der Lehre von der Transspiration einen Unterschied von Verdunstung und Ausdunstung eingeführt, wovon erstere auch den todten Pflanzentheilen, letztere aber nur den lebendigen zukommen soll. Ich kann mit dem besten Willen keinen andern Unterschied finden, als den zwischen zwei Gefässen, bei deren einem man das verdunstende Wasser von Zeit zu Zeit ersetzt; dass das auf die Natur des Verdunstungsprocesses keinen Einfluss hat, der in beiden Gefässen ein und derselbe bleibt, ist leicht einzusehen, und der ganze Unterschied liegt daher nicht in der Sache, sondern in den Worten. Ich habe deshalb auf diese ganze Eintheilung keine Rücksicht genommen.

Ich will hier nur noch einige Thatsachen in Bezug auf die Quantität des von den Pflanzen verbrauchten Wassers zusammenstellen.

Eine Sonnenblume dunstet nach *St. Hales* †† täglich 1,25 Pfd. Wasser, giebt man jeder Pflanze 4 □F. Bodenraum, so stehen auf dem althessischen Morgen 10,000 Pflanzen, welche in 120 Vegetationstagen 1,500000 Pfd. Wasser verbrauchen.

Ein Kohlkopf verbraucht in 12 Tagesstunden nach demselben ††† 1 Pfd. 6 Lth. Wasser, also wenn jede Pflanze nach *Block* 5 □F. Bodenraum in Anspruch nimmt, verbrauchen die Pflanzen eines althessischen Morgens, wenn wir einen geringen Zuschuss für die Nacht annehmen, etwa 1,200000 Pfd. Wasser in 120 Tagen.

Ein Zwergbirnbaum (71,5 Pfd. schwer) verbraucht in 10 Tagesstunden (nach *Hales* †* 15 Pfd. Wasser. Giebt man einem solchen Bäumchen 20 □ F. Bodenraum, so verdunsten die sämmtlichen Bäume eines althessischen Morgens 3,600000 Pfd. Wasser, wozu vielleicht noch ein Dritttheil mehr für das zwischen den Bäumen wachsende Gras, im Ganzen also für den Morgen fast 5,000000 Pfd. Wasser kommen möchte.

Ein Morgen *à* 40,000 □F., mit Hopfen bepflanzt, verdunstet nach demselben †** in 120 Tagen 4,250000 Pfd. Wasser allein durch den Hopfen.

Ein Quadratfuss Boden mit *Poa annua* bedeckt, verdunstet nach *Schübler* †*** im Sommer durchschnittlich täglich 33,12 C. Z. Wasser, also ein althessischer Morgen Wiesenland ohngefähr 6,000000 Pfd.

Ein Quadratfuss mit Hafer und Klee, beide sehr dürftig entwickelt, verdunstete vom 12. April bis zum 19. August so viel, dass es auf den Morgen von 40,000 □F. 1,642668 Pfd. betragen würde *†.

---

* Statik der Gewächse in der angef. Ausgabe, S. 1 ff.

** *Mémoires de l'Acad. des Sc. de Par. Ann.* 1784, *p.* 419 *sq.*

*** *Physiologie végétale, Vol. IV. p.* 56.

† Untersuchung über die Temperatur der Vegetabilien und verschiedene damit in Verbindung stehende Gegenstände. Tübingen 1829.

†† Statik der Gewächse, deutsch von *Wolff*, S. 1.

††† Ebendaselbst, S. 7.

†* Ebendaselbst, S. 17.

†** Ebendaselbst, S. 19.

†*** Meteorologie, S. 74.

*† Vergl. Encyclopädie der theoretischen Naturwissenschaften etc. von *Schmid* und *Schleiden*, Bd. 3, S. 120 ff.

§. 198.

Endlich das Verhalten der Pflanzen zu den Gasen der Atmosphäre ist am wenigsten genau untersucht und bekannt. Folgende Processe können hier in Frage kommen.

1. Eine Flüssigkeit, die mit einem Gase in Berührung oder davon nur durch eine mit derselben Flüssigkeit getränkte Membran getrennt ist, absorbirt von dem Gase nach der specifischen Natur des Gases und der Flüssigkeit ein bestimmtes, immer gleiches Volumen von einer Dichtigkeit, die dem Drucke, unter welchem das Gas steht, entspricht. So absorbiren 100 Vol. Wasser bei 28″ Barom. und 15° C, 6,5 Vol. O 4,2 Vol. N. 106,0 Vol. CO^2, 100 Vol. Zuckerwasser von 1,104 P. sp. absorbiren 72 Vol. CO^2, 100 Vol. Gummiwasser von 1,092 P. sp. 75 Vol. CO^2.

2. Wenn eine Flüssigkeit von einem Gas mehr enthält, als sie nach der Natur des Gases, der Flüssigkeit und dem Druck, unter welchem das Gas steht, aufgelöst zu erhalten vermag, so entweicht der Ueberschuss. Dabei ist es gleichgültig, ob die Flüssigkeit eine freie, oder mit einer von derselben Feuchtigkeit getränkten Membran bedeckte Oberfläche hat. Da nun Wasser nur 6,5 Vol. % Sauerstoff und eine Auflösung von Gummi oder Zucker, denen der Zelleninhalt ähnlich ist, nur etwa 4,6 Vol. % O aufgelöst erhalten kann, so muss Sauerstoff an der Oberfläche der Pflanze entweichen, wenn der Zellensaft mehr als die angegebene Menge Sauerstoff enthält.

3. Wenn eine Flüssigkeit mit freier oder von einer durch sie getränkten Membran bedeckten Oberfläche bei bestimmtem Drucke mit einer Gasart gesättigt ist, und sie dann bei demselben Drucke mit einer andern Gasart in Berührung kommt, so findet ein Austausch statt, es entweicht ein Theil des früher absorbirten und ein Theil des freien Gases wird aufgenommen und zwar im Verhältniss zur Auflöslichkeit beider Gasarten.

4. Flüssigkeiten, die chemische Verwandtschaft zu bestimmten Gasarten haben, ziehen dieselben an, wenn sie mit ihnen durch eine freie Oberfläche oder durch eine mit derselben Flüssigkeit getränkte Membran in Berührung treten, so z. B. ätherische Oele absorbiren Sauerstoff um Harze zu bilden u. s. w.

5. Jeder feste Körper condensirt auf seiner Oberfläche Dünste und Gasarten, mehr noch, wenn er pulverförmig, am meisten wenn er fein porös ist. Am auffallendsten kommt dies Vermögen frisch ausgeglühter Holzkohle zu. 1 Vol. Buchsbaumkohle absorbirt 90 Vol. Ammoniakgas, 55 Vol. Schwefelwasserstoffgas, 35 Vol. Kohlensäuregas, 9,25 Vol. Sauerstoffgas, 7,5 Vol. Stickgas. Humus steht in dieser Beziehung der Kohle am nächsten. Wasser treibt einen Theil des absorbirten Gases aus. In Bezug auf die das ganze Parenchym durchziehenden, durch die Spaltöffnungen mit der Atmosphäre communicirenden Intercellulargänge gleicht die Pflanze einem solchen porösen Körper.

Für die hier in Frage kommenden physikalischen Verhältnisse haben leider die Vorarbeiten noch lange ihre Vollendung nicht erreicht. Die Arbeiten von *D'Alton**, *Theod. de Saussure***, *Graham****, *Mitscherlich*† sind weit entfernt, schon alle Fra-

* *Gilbert's* Annal. XXVIII, S. 390.

** *Gilbert's* Annal. XXXXVII, S. 163.

*** Handbuch der Chemie, übersetzt von *Otto*, Bd. I.

† Lehrbuch der Chemie, 4. Auflage, Bd. I.

gen berührt, ja auch nur die, welche sie zu ihrer Aufgabe machten, völlig erledigt zu haben.

Die Verhältnisse werden, so wie wir von den einfachen Experimenten mit Einer Flüssigkeit und Einem Gase, oder von Einer Gasart zu Einer Andern übergehen zu dem Verhalten gemischter Gasarten zu einander (also zu den Verhältnissen, wie sie bei den Pflanzen in der Natur immer vorkommen) so verwickelt, dass sie zur Zeit noch unserer Auffassung und auch wohl unserer Experimentirkunst überlegen sind.

Das einfachste und vielleicht auch wichtigste Verhältniss für die Erscheinungen bei der Vegetation ist das Entweichen der Gasarten aus einer Flüssigkeit, die dieselben bei gegebenem Drucke nicht aufgelöst zu erhalten vermag.

Daran schliesst sich hinsichtlich der Wichtigkeit, weil es die Bildung der aufzunehmenden Nahrungsflüssigkeit regulirt, die Absorption der Gasarten durch feste poröse Körper, insbesondere durch Kohle, Humus und Thon.

Die mögliche Anwendung dieser Gesetze auf das Leben der Pflanze wird in Folgendem sich ergeben.

§. 199.

Mit den angeführten Gesetzen haben wir dann folgende, mehr oder weniger gut beobachtete Erscheinungen im Pflanzenleben in Verbindung zu setzen.

1. Der keimende Saame nimmt eine gewisse Menge Sauerstoff auf und entbindet eine grosse Menge Kohlensäure.

2. Nach der Periode des Keimens haucht die Pflanze bei Tages- und Sonnenlicht Sauerstoffgas aus, so weit ihre Oberfläche grüne Farbe zeigt, und nimmt Kohlensäure durch dieselben Theile auf. Bei Nacht ist der Process gerade umgekehrt, es wird Kohlensäure ausgehaucht, Sauerstoffgas aufgenommen.

3. Alle nicht grünen Theile, wie die Rinde des Stammes und die Wurzel nehmen Sauerstoffgas auf und hauchen Kohlensäuregas aus.

4. Die Staubfäden in den Blumen nehmen in sehr kurzer Zeit ausserordentlich viel Sauerstoffgas auf und hauchen dafür Kohlensäure aus.

5. Auch die saftigen Früchte endlich, in der Periode des sogenannten Nachreifens, nehmen Sauerstoffgas auf und scheiden Kohlensäure aus.

6. Fast alle Pflanzentheile nehmen unter Umständen etwas Stickstoff aus der Atmosphäre auf oder hauchen solchen aus.

7. Auch Wasserstoff wird ausgehaucht, wenigstens wissen wir das durch *Humboldt's* Beobachtungen von den Pilzen.

Die Versuche, welche zur Ermittelung des Verhältnisses der Pflanzen zur Atmosphäre angestellt sind, finden sich hauptsächlich bei *Hales* *, *Bonnet* **, *Priestley* ***, *Ingenhousz* †, *Sennebier* ††, *Woodhouse* †††, *Th. de Saussure* *†, *Link* **† und *Grischow* ***†. Man kann sie in drei Gruppen theilen, nachdem man die ältern Versuche

* Statik der Gewächse, übers. von *Wolff* (1784), S. 91 ff.

** *Rech. sur l'usage des feuilles dans les Pl.* (1754) *p.* 24 *sq.*

*** *Experiments and observation relating to various branches of natural philosophy with a continuation of the observations on air* (1779). *Tom. II. p.* 1 *sq.*

† Versuche mit Pflanzen, wodurch entdeckt ward u. s. w. A. d. Engl. 1780; und: Ueber die Ernährung der Pflanzen u. s. w. A. d. Engl. von *G. Fischer*, 1798, S. 53 ff.

†† *Physiologie végétale* (1801), *Tom. III. p.* 104—148.

††† *Gilbert's* Annalen, 1803, XIV, p. 351.

*† Chemische Untersuchungen über die Vegetation, übersetzt von *Voigt*, 1805.

**† Grundlehren der Anatomie und Physiologie. Göttingen 1807. S. 263.

***† Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse und deren Einfluss auf die gemeine Luft (1819).

an einigen Wasserpflanzen, die einer genauen Wiederholung bedürfen, ausgemerzt hat. Die erste Gruppe umfasst die Versuche, bei denen abgeschnittene Blätter oder Stengel benutzt wurden; diese sind völlig zu verwerfen; denn nie ist angegeben, wie viele Luft und welche etwa diese Theile aufgelöst enthielten, wie lange der Versuch fortgesetzt werden konnte, welcher Art die dabei im Innern dieser, ihren natürlichen Lebensbedingungen entzogenen Pflanzentheile vorgehenden Veränderungen waren u. s. w. Die zweite Reihe von Versuchen enthält diejenigen, bei welchen ganze Pflanzen, in Wasser oder Erde vegetirend, in einen Recipienten eingeschlossen wurden; auch diese Versuche, zu denen der grösste Theil der *de Saussure*'schen gehört, sind völlig unbrauchbar, da nichts im Stande ist, uns darüber Aufschluss zu geben, wie viel von den Veränderungen in der Atmosphäre bei diesen Versuchen durch die Blätter, wie viel durch Boden und Wurzeln vermittelt wurde. Die dritte Gruppe ist die einzige, welche brauchbare Resultate liefern konnte, in sofern nämlich nur die grünenden Theile einer Pflanze, ohne dass man dieselbe ihrem natürlichen Standort entzog, in einem Recipienten abgeschlossen wurden, dessen Luft die gewöhnliche Zusammensetzung unserer Atmosphäre hatte. Hierher gehören *Woodhouse* a. a. O., *Saussure* (S. 35), *Link* a. a. O., *Grischow* (S. 121).

Aber diese letztern Versuche geben das seltsame Resultat, dass die Pflanzen bei längerer Vegetation in eingeschlossener Luft dieselbe durch ihre grünen Theile weder quantitativ noch qualitativ verändern. Diesen Versuchen muss also noch irgend ein wesentlicher Fehler zu Grunde liegen, denn das Resultat ist ein unmögliches. Die Hauptmasse der Stoffe in den Pflanzen enthält bedeutend weniger Sauerstoff als das Stoffgemisch, welches sie möglicher Weise aus dem Boden aufnehmen können. Wie also auch die Vegetation vor sich gehe, so muss das Endresultat doch nothwendig ein Freiwerden von Sauerstoffgas sein, welches in dieser Menge von der Flüssigkeit nicht aufgelöst erhalten werden kann, also entweichen muss. — Endlich sind noch die neuesten Versuche *Boussingault's* (a. a. O.) anzuführen, welche den ersten wirklichen Beweis geliefert haben, dass die Pflanzen durch die grünen Theile Kohlensäure im Sonnenlicht absorbiren, ein Beweis, welcher durch keinen der vorhergehenden Versuche geliefert war. *Boussingault* schloss nämlich einen Zweig eines Weinstockes in einen Recipienten ein, durch welchen mittelst eines Aspirators Luft gesogen und deren Kohlensäuregehalt im Kaliapparate bestimmt wurde, während gleichzeitig dieselbe Luft, ohne dass sie mit der Pflanze in Berührung gewesen war, auf ihren Kohlensäuregehalt geprüft wurde. Das Resultat ergab, dass der Kohlensäuregehalt der Luft durch die Pflanze auf die Hälfte reducirt wurde. Die absolute Menge der Luft, welche mit der Pflanze innerhalb einer bestimmten Zeit in Berührung kam und also auch ihr absoluter Gehalt an Kohlensäure ist in diesem Versuche nicht gemessen worden.

Aus den genauesten Versuchen, nämlich den von *de Saussure*, muss ich hier noch Eins hervorheben. Bei der Vegetation der grünen Pflanzen im Lichte wird Kohlensäure aufgenommen, Sauerstoffgas ausgehaucht, aber die Mengen des Sauerstoffes und der Kohlensäure stehen durchaus in keinem äquivalenten Verhältniss zu einander; statt eines gleichen Volumens nehmen nämlich 10 Cubikcentim. folgender Pflanzen für 100 C. C. Sauerstoffgas, welches sie ausscheiden, folgende Mengen Kohlensäure auf:

Vinca minor	147,6 C C
Mentha aquatica	137,2 -
Lythrum salicaria	123,1 -
Pinus genevensis	123,6 -

Von dem aufgenommenen O behalten sie also $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{8}$ dem Volumen nach zurück.

Alle Thatsachen, die bis jetzt beobachtet sind, stehen noch völlig unerklärt da. Es ist keine Möglichkeit vorhanden, die Resultate, wie sie vorliegen, mit unsern physikalischen Kenntnissen über das Verhalten der Gasarten in Einklang zu bringen,

und zwar deshalb, weil jene wie diese noch durchaus unvollendet sind. Die nächste Aufgabe wird sein, diejenigen Erscheinungen, welche nur kleinern bestimmten Zellgruppen oder beschränkten Zeitabschnitten eigen sind, von demjenigen sondern zu lernen, was der Vegetation jeder einzelnen Zelle für immer angehört. Davon kann aber erst im folgenden Paragraphen die Rede sein.

III. Assimilation der Nahrungsstoffe.

§. 200.

Das Wichtigste, was die Pflanze aufnimmt, ist Wasser mit Kohlensäure und kohlensaurem Ammoniak und bestimmte unorganische Salze. Alles dieses eignet sie sich aus dem Boden durch die Wurzelspitzen an. Sie erhält aber auch Kohlensäure aus der Luft durch die Blätter. In welchem Verhältnisse beide Aufnahmen zu einander und zum Nahrungsbedarf der Pflanze stehen, wissen wir nicht. — Die Transspiration und der Gasaustausch geschieht zunächst aus jeder Zelle in die nächste Luft, also bei ganzem Zellgewebe in die Intercellulargänge, von wo Gas und Wasserdunst durch die Spaltöffnungen entweichen.

Da die grösste Masse der Substanzen, welche die Pflanze bilden, weniger Sauerstoff enthält, als das, was die Pflanze aufnimmt, so muss nothwendig als Endresultat des Assimilationsprocesses die Entbindung von Sauerstoff hervortreten. Direct wird aber wahrscheinlich weder Kohlensäure noch Wasser zersetzt, sondern es bildet sich vielmehr eine grössere Reihe von verschiedenen Verbindungen, aus denen sich allmälig oder am Ende Sauerstoff ausscheidet. So z. B. scheint ein kleiner Theil des Sauerstoffs der grünen Pflanzentheile von einer Zersetzung des Amylums oder ähnlicher Stoffe in Wachs herzustammen. Auf jeden Fall steht die Aushauchung des Sauerstoffs und die Aufnahme gasförmiger Kohlensäure in gar keiner unmittelbaren Verknüpfung mit einander.

Die Kohlensäurebildung durch nicht grüne Pflanzentheile, durch Rinde des Stammes und Wurzel ist kein Lebensprocess, sondern ein beginnender Verwesungsprocess der Zellen. Die Kohlensäurebildung beim Keimen, beim Blühen, beruht wie bei der Gährung auf der Zersetzung der organischen Substanz, dient also wohl dem Lebensprocess, jedoch ohne ein organischer Bildungsprocess zu sein. — Aufnahme von Sauerstoff endlich zur Oxydation abgeschiedener Stoffe, wie der ätherischen Oele, der Gerbsäure u. s. w., sind ebenfalls völlig unabhängig vom eigentlichen Leben der Pflanze.

Für eine eigentliche Ernährungstheorie der Pflanze leuchtet kaum der erste Schein der Morgenröthe nach einer langen Nacht chemischer und physikalischer Unwissenheit, in welcher Nacht denn, wie gewöhnlich, gar seltsam und absonderlich geträumt worden ist.

»Die Pflanze nimmt den rohen Nahrungsstoff aus dem Boden auf, dieser steigt in Spiral- und porösen Gefässen aufwärts, wird in den Blättern assimilirt und steigt in der Rinde wieder herab, um Knospen, Blätter und Wurzeln zu bilden.«

»Die Blätter nehmen Kohlensäure auf, zersetzen diese und hauchen entbundenen Sauerstoff aus.«

Das ist der kurze Inhalt jener Träume, von denen das Wenigste der Wirklichkeit entspricht, Alles aber zu seiner Zeit nur Traumbild, nicht Beobachtung war und jeder inductorischen Begründung entbehrte, die es höchstens ohne alles Verdienst zu-

fällig hinterher gefunden hat; wenn man fortwährend in den Tag hinein räth, weshalb sollte man nicht auch einmal das Rechte rathen.

Zuerst giebt es keinen rohen Nahrungssaft. Es kann also auch keiner zu den Blättern aufsteigen, um dort assimilirt zu werden. Wo und wann wir den Saft einer Pflanze untersuchen, enthält er schon organische Bestandtheile, die nicht aus dem Boden stammen, weil sie gar nicht darin vorkommen, z. B. Zucker, Gummi, Apfel-, Citronen- und Weinsäure, Eiweiss etc. Diese Stoffe sind mit vielem Wasser verdünnt und mit sehr wenig Kohlensäure und kohlensaurem Ammoniak, die mit dem Wasser aus dem Boden stammen mögen, vereinigt. Schon in den Wurzelzellen, in welche die Feuchtigkeit des Bodens zu allererst eintritt, wird sie chemisch verändert, assimilirt, und da der Saft sich entschieden nicht in continuirlichen Röhren, den sogenannten Gefässen, bewegt, sondern von Zelle zu Zelle aufwärts steigt, so ist er in jeder neuen Zelle dem umbildenden chemischen Processe unterworfen. Es bleibt nichts mehr übrig, was die Blätter noch assimiliren könnten. Dass die Blätter bei ihrer natürlichen Vegetation in der Luft Kohlensäure aufnehmen, hat man rein errathen, denn bis auf *Boussingault* gab es dafür kein einziges beweisendes Experiment. — Die Thatsache scheint allerdings durch *Boussingault* jetzt festgestellt, aber daraus folgt noch nicht das Geringste für die assimilirende Function der Blätter. Wohin kommt denn die aufgenommene Kohlensäure? Zunächst nicht in die Zellen, in denen allein lebendig-chemische Processe vor sich gehen, sondern in die Intercellulargänge, welche durch die grössten Pflanzen bis in die äusserste Wurzelspitze hinein communiciren. Der Schluss, dass die von den Blättern aufgenommene Kohlensäure auch von ihnen verarbeitet werde, ist gerade so oberflächlich und voreilig, als wenn man von den Athembewegungen der Nase und des Mundes auf eine Lungenfunction des grossen Gehirns schliessen wollte. — Wenn es auch ganz richtig sein mag, dass, wie *Mulder* behauptet, ein Theil des von den Blättern ausgeschiedenen Sauerstoffs von der Umwandlung der Stärke in Wachs herrührt, so ist dies Verhältniss doch für die ganze Pflanze von verschwindend kleiner Bedeutung. Man darf nur überschlagen, wie viel O überhaupt frei werden muss. Ein Morgen Klee liefert nach *Boussingault* im Jahre 2153,5 Pfd. trocknes Kleeheu, darin sind enthalten.

1020,68 C
107,70 H
814,04 O
45,21 N

Nimmt man allen Stickstoff als vom Ammoniak und allen Kohlenstoff als aus der Kohlensäure stammend, so erhält man folgende Verhältnisse:

1020,68 C + 2670,74 O = Kohlensäure
45,21 N + 9,26 H = Ammoniak
107,70 H + 9,56 H + 786,00 O = Wasser
814,04 O — 786,00 O = 28,04 O

2670,74 — 28,04 = 2642,7 O, der ausgeschieden sein muss.

Nun entsprechen aber nach *Mulder*

10 Aeq. Stärke = 20420,0 gerade
3 Aeq. Wachs (= 13070,2) + 3153,0 Wasser + 4197,0 O

oder die Ausscheidung von 2642,70 Pfd. entspricht der Bildung von 8229,8 Pfd. Wachs und der Zersetzung von 12762,3 Pfd. Stärke. 2153,5 Pfd. trockenes Kleeheu können aber unmöglich 8229,8 Pfd. Wachs enthalten. Sie geben vielmehr, mit Aether extrahirt, überall nur 86,14 Pfd. fettartige Stoffe. Es entspricht demnach die Sauerstoffausscheidung in Folge der Umsetzung von Stärke in Wachs etwa nur dem hundertsten Theile des Gesammtprocesses.

Mag man aber ausgehen, von welcher Ansicht über die Pflanzenernährung man will, so bleibt doch so viel gewiss, dass ein vernünftig cultivirter Boden an kohlenstoffhaltigen organischen Verbindungen nicht ärmer, sondern eher reicher wird,

sieht man auch ganz von dem jährlichen Verlust, den der Boden durch die Verwesung erleidet, ab, so muss man doch zugeben, dass der Kohlenstoff, den die Ernte mehr enthält als der aufgebrachte Dünger aus der Kohlensäure stamme. Nun liefert ein Morgen im Durchschnitt aller Culturen jährlich 790,8 Pfd. C mehr in der Ernte, als im Dünger enthalten war, für diese 790,8 Pfd. müssen aber mindestens 2000 Pfd. O frei geworden, also nach *Mulder's* Hypothese 6300 Pfd. Wachs gebildet sein.

An solchen Mängeln leidet die ganze bisherige Lehre von der Ernährung; um die Ausscheidung von 2600 Pfd. O begreiflich zu machen, verweist man auf einen Process, der keine 30 Pfd. liefern kann und die Gegenwart von 2 Pfd. Schwefel wird sehr scharfsinnig von 400 Pfd. Gyps abgeleitet, die auf die Pflanze gewendet sind und 90 Pfd. Schwefel enthalten. Vom Humus, vom Dünger leiteten Botaniker und Landwirthe den Kohlenstoff der Pflanzen ab und die Landwirthe vergassen ihre eigenen Erfahrungen, die Botaniker kannten sie nicht. Man bedarf gar der *Boussingault*'schen Tabellen nicht, jedes deutsche Handbuch der Landwirthschaft enthält Angaben über Düngerquantitäten, Erntebetrag etc. und wenn man dieselben auch nur nach einer ungefähren Schätzung ihres Gehalts an Elementarstoffen berechnete, so erhielt man doch Resultate, welche mit denen aus den *Boussingault*'schen Angaben berechneten dasselbe Naturgesetz aussprechen. Allen, die über diese Lehre geschrieben haben, hat es durchaus an Ueberblick gefehlt und deshalb sind auch fast alle früheren Arbeiten, einige wenige ganz alte vielleicht ausgenommen, völlig unbrauchbar. Wer in diesem Augenblicke darüber schreibt und ohne eigene neue Versuche mehr geben will, als eine Kritik der bisherigen Lehren, macht sich und Andern etwas weiss.

Die durch Versuche, wie es scheint, unzweifelhaft nachgewiesene Aufnahme des Sauerstoffs bei Nacht erklärt *Liebig* für einen Oxydationsprocess des ätherischen Oels. Dieser Process müsste aber auch am Tage fortgehen, und dafür fehlt es an allen Andeutungen.

Die bisherigen Versuche über die Aufnahme der Nahrungsstoffe haben deshalb keinen Werth, weil man einmal überall von Vorurtheilen der entgegengesetzten Art ausging, dann aber sich auch nicht im Geringsten um die natürlichen Bedingungen der Vegetation bekümmert hatte. Die Landpflanzen wachsen nicht im Wasser oder tropfbar flüssigen Stoffen, die Feuchtigkeit im Boden befindet sich vielmehr in einem ganz eigenthümlichen Zustand, über den es zur Zeit noch gänzlich an Untersuchung fehlt. Sie wird von festen Substanzen absorbirt, festgehalten und das kann durchaus nicht ohne wesentlichen Einfluss auf die Art und Weise der Aufnahme sein. In Bezug auf die Stoffe, welche aufgenommen werden, fehlt es uns trotz aller ermüdend oft wiederholten schlechten Experimente doch selbst noch an einer einzigen chemischen Untersuchung der im Boden gewöhnlich enthaltenen Feuchtigkeit, also der eigentlichsten Nahrungssubstanz der Pflanze. Die nächste Folge davon ist natürlich, dass wir über die innern Vorgänge der Ernährung, über die Assimilation, gar nichts wissen. Das Beste, was darüber gesagt ist, scheint mir in einer Anmerkung von *Liebig* vorzukommen, wo er darauf hindeutet, dass wahrscheinlich kohlensaures Alcali allmälig in immer sauerstoffärmere, pflanzensaure Salze übergehe. Vielleicht wird zuletzt das apfelsaure Salz durch neue Desoxydation in Kali und Dextrin zerlegt. An experimentellem Beweis fehlt es aber auch hier ganz und gar.

Ueber Entstehung der einzelnen Stoffe wissen wir zur Zeit so gut wie gar nichts. *Liebig* sagt da, wo er über die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit der Kohlensäurezersetzung spricht, diese müsse auf jeden Fall wenigstens bei der Bildung der fetten Substanzen eintreten. Wenn man schon weiss, dass sich Fette aus kohlensaurem Wasser bilden, allerdings; aber das wissen wir nicht allein nicht, sondern alle Analogien machen es vielmehr viel wahrscheinlicher, dass die Fette aus der Zersetzung der Stoffe der Dextrinreihe entstehen. Möglichkeiten lassen sich gar viele ausdenken; die Elemente zu verschiedenen Combinationen auf dem Papiere zusammenzurechnen,

ist gar so schwer nicht, aber für die Kenntniss des in der Natur Wirklichen bleibt das Alles zur Zeit noch völlig bedeutungslos. Dass einige wenige unorganische Verbindungen bei der Pflanzenernährung in organische Verbindungen übergehen müssen, wissen wir mit absoluter Gewissheit, dass dabei die unorganischen Salze eine wesentliche vermittelnde Rolle spielen, ist wahrscheinlich. Welche organische Verbindungen aber zuerst gebildet werden, durch welche speciellen chemischen Processe sie entstehen, ist uns durchaus völlig unbekannt und gerade dies ist die Grundlage für eine Theorie der Ernährung. Für die verschiedenen Metamorphosen der organischen Stoffe in der Pflanze haben wir in neuerer Zeit durch *Liebig's*, *Mulder's*, *Dumas'* und Anderer Untersuchungen eine Menge einzelner Aufklärungen oder Andeutungen erhalten. Aber der bei weitem umfangreichste Theil der Fragen und gerade der für die Vegetation im Allgemeinen wichtigste ist noch völlig unerledigt. Eine schlimme Klippe ist hier der Mangel an tüchtigem Zusammenwirken. Mit vielem Fleiss baut oft der Chemiker eine Theorie auf, die ein einfacher Blick durch's Mikroskop sogleich widerlegt. Der Physiolog bietet grossen Scharfsinn auf, um in seine Beobachtungen Zusammenhang zu bringen und wenn er fertig ist, sagt ihm der Chemiker, dass das alles chemisch unmöglich sei. So wird die beste Zeit und Kraft vergeudet.

Es tritt aber noch etwas hinzu, was die Beobachtung der Pflanzen sehr erschwert und besonders bei der Auswahl der Pflanzen zu Experimenten wohl zu berücksichtigen ist.

Da die Pflanze als solche wesentlich nur in der morphologischen Verknüpfung ihrer physiologisch selbstständigen Elementarorgane besteht, so können die Individuen einer und derselben Pflanzenart möglicher Weise qualitativ oder quantitativ sehr verschiedene Bestandtheile haben, je nachdem sie bald diese, bald jene Stoffe von Aussen aufnehmen. Die daraus hervorgehende Verschiedenheit zeigt sich nämlich gar nicht in dem, was die Pflanzenart als solche charakterisirt, d. h. in der gesetzmässigen Verbindung der Zellen unter bestimmten Formen; denn diese bleibt dabei unangetastet. Was sich verändert, ist nur der Lebensprocess der einzelnen Zellen für sich. Statt dass in derselben Zellengewebsmasse von 1000 Zellen in einem Falle nur 200 stärkemehlhaltige und 400 ölhaltende sich befinden, sind im andern Falle vielleicht 500 stärkemehlhaltige und 100 ölhaltende vorhanden, ohne dass dadurch der Gesammtumriss der Zellengewebsmasse, in welchem der specifische Charakter der Pflanzenart allein beruht, im Geringsten verändert würde. Oder, was noch häufiger der Fall sein wird, der Zelleninhalt bleibt sogar bei allen Zellen qualitativ derselbe und nur die relativen Mengen der einzelnen Stoffe verändern sich, indem die Zellen einmal 7% Kleber und 70% Stärke, das andere Mal 35% Kleber und 40% Stärke enthalten. Für jede Pflanzenart sind allerdings bestimmte Stoffe und diese in einer bestimmten absoluten Menge ganz unerlässlich und als wesentliche Nahrungsmittel zu betrachten, ohne welche das Leben der Pflanze aufhört; dagegen kann sie oft auch noch andere Stoffe oder einen Ueberschuss des einen oder andern wesentlichen Nahrungsmittels aufnehmen, wodurch denn auch Qualität und Quantität ihres Inhalts verändert wird. Dieses Verhältniss ist aber wieder nur eine Aufgabe für rein empirische Forschung, indem es bis jetzt durchaus als specifische Eigenthümlichkeit der Pflanze erscheint, ob und wie weit sie eine Abweichung von Qualität und Quantität ihrer wesentlichen Nahrungsmittel ertragen könne. Manche Pflanzen scheinen an eine genau abgemessene Diät gebunden und darin liegt sicher mit ein Hauptgrund für ihren sehr geringen Verbreitungsbezirk, für die Schwierigkeit ihrer Cultur, andere dagegen scheinen sich leicht allen Verhältnissen anzubequemen und sind daher auch ausserordentlich veränderlich in ihrem Gehalt. So z. B. variirt der Gehalt des Milchsaftes von *Papaver somniferum* (Opium) nach *Biltz*, *Mulder* und *Schindler*

an Morphin	von	2,842	bis	20,00	Procent.
- Narcotin	-	1,30	-	33,00	-
- Kautschouk	-	2,00	-	6,012	-

Es ist bekannt, dass auf noch auffallendere Weise bei den eigentlichen Kautschouk-Pflanzen der Gehalt an diesem Stoffe nach den verschiedenen Bedingungen, unter denen sie gewachsen sind, variirt, und nimmt man die vielfachen Erzählungen hinzu, dass Pflanzen von einem Standorte als sehr giftig, von andern als sehr unschädlich sich erweisen, so darf man selbst annehmen, dass gewisse Stoffe in einer Pflanze gegen ihre Natur fehlen oder neu auftreten können, wenn die äussern Bedingungen dazu gegeben sind.

Diese grosse Variabilität der Pflanze in chemischer Hinsicht muss man sehr berücksichtigen, wenn man Experimente anstellen will.

IV. Aeussere Bedingungen der Nahrungsaufnahme und Assimilation.

§. 201.

Als äussere Bedingungen der Nahrungsaufnahme und der Assimilation sind hier zu nennen:

1. Der Boden, in welchem die Pflanze wurzelt. Dieser bedarf ausser seinem chemischen Gehalt an unorganischen Nahrungsstoffen noch gewisser mechanischer und physikalischer Eigenschaften, um die Ernährung der Pflanze möglich zu machen, in welcher Beziehung insbesondere Thon und Humus als Gase und Dünste absorbirende Substanzen wichtig werden.

Nächst der Betrachtung der Nahrungsstoffe selbst ist wohl nichts so wichtig für eine Theorie der Pflanzencultur und für das Verständniss des Ernährungsprocesses, als die Untersuchung derjenigen Verhältnisse, von denen das Gedeihen der Pflanzen ganz wesentlich abhängig ist, ohne dass ihnen durch dieselben materieller Stoff zugeführt würde. Für den Landbau müsste man diese Bedingungen eintheilen in solche, die der Mensch ganz oder grossentheils beherrscht, und solche, auf welche er keinen Einfluss hat, die er hinnehmen muss, wie sie kommen, oder die er höchstens, wo er ihre Gesetzmässigkeit erkannt hat, klug benutzen kann, indem er dem Unabänderlichen sich anschmiegt. Diese letztern nennt der kindliche Mensch schön und in gewissem Sinne wahr » den Segen des Himmels «. Für die wissenschaftliche Betrachtung bedürfen wir aber einer andern Eintheilung, um danach die wenigen Thatsachen zu entwickeln, welche bis jetzt zugänglich geworden sind. Ich betrachte hier zuerst den Boden und demnächst die Imponderabilien in ihrem Verhältnisse zum Ernährungsprocesse der Pflanze.

1. Der Boden. Unter Boden verstehe ich hier nur im engern Sinne die Erde, indem für Wasser und Luft oben schon das Nöthige gesagt ist. Wir müssen denselben im Verhältniss zu den darauf wachsenden Pflanzen in dreifacher Beziehung auffassen, *a.* nach seiner chemischen Constitution, indem er die unorganischen Nahrungsstoffe der Pflanze enthält, *b.* nach seinem mechanischen Zusammenhange, durch welchen er für das Eindringen der Wurzeln und für ihre gehörige Befestigung zweckmässig geartet ist, *c.* endlich nach seinen physikalischen Eigenschaften. Der erste Punkt ist bereits oben erörtert worden. Für den zweiten Punkt haben wir zur Zeit weder Thatsachen, noch Gesetze; für die wilde Vegetation sorgt in dieser Beziehung die Verwitterung. Gewiss ist auch hierdurch die Vertheilung der Pflanzen bedingt. Beim Ackerbau verändern wir die mechanische Constitution des Bodens durch Pflug, Egge und Dünger. Der letzte Punkt dagegen ist hier etwas ausführlicher zu besprechen.

A. Das Wasser als das allgemeine Lösungsmittel ist für die Pflanzenernährung unerlässlich, und man hat sich viele Mühe gegeben, die als Regen, Schnee u. s. w.

fallende Wassermenge in Bezug auf den Ackerbau zu bestimmen. Ich glaube, dass das ein sehr überflüssiges Unternehmen war. Das freie zusammenhängend flüssige Wasser kommt den Pflanzen wenig oder gar nicht zu Gute und eine bekannte Thatsache ist es, dass, sobald ein Boden mit freiem Wasser dauernd gesättigt bleibt, er als Sumpfboden für einen grossen Theil der Pflanzen ein verderblicher Standort wird, von dem geradezu eine grosse Menge Geschlechter verschwindet, während andere sich ansiedeln, die man in richtigerer Bedeutung des Worts, als gemeinhin geschieht, Wasserpflanzen nennen könnte. In der die meisten Pflanzen tragenden Erde ist das Wasser nur ausnahmsweise und schnell vorübergehend (nach einem Regengusse u. s. w.) als zusammenhängende Flüssigkeit, normal aber nur als hygroscopisches Wasser, als absorbirter Wasserdampf* vorhanden. Die völlige Unabhängigkeit der Vegetation von den tropfbaren, atmosphärischen Niederschlägen zeigt die Vegetation der Oasen und des regenlosen Küstenstrichs von Peru und Chile (*Darwin*, *Loudon*) und im Kleinen die Experimente von *Ward***. Der Sand der Sahara ist nicht deshalb unfähig eine Vegetation zu ernähren, weil kein Regen auf ihn fällt, sondern weil ihm die Fähigkeit abgeht Wasserdämpfe zu condensiren***. Von dem Wasser, welches in irgend einer Gegend als Regen fällt, kommt den Pflanzen unmittelbar nur unendlich wenig zu Gute. Der grösste Theil läuft sogleich ab oder verdunstet wieder in die Atmosphäre, ein anderer Theil sickert in die Tiefe und speist die Quellen. Unsere Beobachtungen über die Wassermengen, welche eine Pflanze verbraucht, sind äusserst dürftig, aber so viel geben die von *Hales* und *Schübler* mitgetheilten Thatsachen an die Hand, dass der Regen nach Abzug dessen, was abfliesst und verdunstet, sicher nicht den zehnten Theil des Bedarfs deckt. Es ist ebenso unbegreiflich als unentschuldbar, dass seit *Hales* nicht ein einziger Botaniker die Versuche wieder aufgenommen und fortgesetzt hat. Wenden wir die oben (S. 482) angeführten Angaben über den Wasserbedarf der Pflanzen auf England an, was sich für die Angaben von *Hales* von selbst versteht, für die *Schübler*'sche Beobachtung an *Poa annua* aber sicher zulässig ist, weil England gerade die üppigsten Wiesen hat, so erhalten wir folgende ungefähren Verhältnisse. Nach den von *Schübler*† angegebenen Zahlen fallen auf den althessischen Morgen zu 40000 □F. in England höchstens 1,60000 Pfd. Regenwasser während 120 Sommertagen. Nach den Untersuchungen von *Dalton*, *Müller*, *Berghaus*††, *Dausse*††† fliesst mindestens ⅓ des gefallenen Regenwassers durch die Flüsse ab, wahrscheinlich aber bei weitem

* Wie wesentlich dieses Verhalten des Wassers auch in den im Boden vor sich gehenden chemischen Process und somit in die Bereitung der Nahrungsstoffe für die Pflanze eingreift, hat *Boussingault* (*econ. rur. II. p.* 199 *sq.*) in einem überraschenden Beispiele an der Erklärung der Vortheilhaftigkeit des Gypsens dargethan. Während bei Gegenwart von tropfbarem Wasser Gyps und kohlensaures Ammoniak sich gegenseitig zersetzen, wird im gewöhnlichen Ackerboden gerade umgekehrt kohlensaurer Kalk von schwefelsaurem Ammoniak zersetzt.

** *On the growth of plants in closely glazed cases*, *London* 1842. Das Verfahren von *Ward*, Pflanzen in verschlossenen Kästen zu ziehen, wo die von der Pflanze ausgehauchte Feuchtigkeit stets wieder vom Boden aufgenommen wird, ist auf seine Empfehlung in neuerer Zeit überall in Anwendung gekommen, um tropische Pflanzen nach Europa überzusiedeln und diesen Versuch hat bis jetzt der beste Erfolg begleitet. *Ward* selbst erzählt Fälle, dass er Pflanzen, besonders von Farrnkräutern, 9 Jahre lang in einer nie geöffneten grossen Flasche in der üppigsten Vegetation erhalten habe.

*** Vielleicht auch wegen Abwesenheit der Wasserdämpfe in der Luft. Ich kenne keine hygrometrischen Beobachtungen aus der Sahara und andern Sandwüsten.

† Meteorologie, S. 130.

†† *Berghaus* Länder- und Völkerkunde, Bd. 2, S. 24 und 227 ff.

††† *Studer*, Lehrb. d. physikal. Geographie, S. 85.

mehr*, da die grössere Geschwindigkeit des Wassers bei höherem Stande in jenen Berechnungen lange nicht genügend berücksichtigt ist. Eine bedeutende, aber nicht genauer zu schätzende Menge des Regenwassers verdunstet auch augenblicklich nach dem Regen, wie der aufsteigende Dampf durch den Augenschein lehrt. Es bleiben daher sicher für die Pflanzenwelt und die fernere Verdunstung höchstens 800,000 Pfd. für den Morgen disponibel. Diese Wassermenge deckt nun nach dem Obigen nur $^2/_3$ des Bedarfs einer Kohlpflanzung, die Hälfte bei einer Pflanzung von Sonnenblumen oder des wahrscheinlich als ganz gleich zu betrachtenden Topinambours (*Helianthus tuberosus*), den vierten Theil bei einem Obstgarten, den fünften Theil bei einem Hopfengarten und etwa nur den siebenten bis achten Theil bei einer Wiese. Dazu kommt noch, dass nur bei der Wiese das neben den Pflanzen vom Erdreich oder durch das Unkraut verdunstende Wasser mit in Anschlag gebracht ist, welches man nach den *Schübler*'schen Angaben über Verdunstung des Wassers vom Erdreich mindestens noch auf 2,000000 Pfd. für den Morgen anschlagen müsste. So viel ist wenigstens aus diesen Angaben völlig klar, dass die auf eine Bodenfläche fallende Regenmenge für die Vegetation beinahe ebenso irrelevant ist, als der im Boden enthaltene Humus, wenn er als Pflanzennahrung angesehen werden soll, und dass hier, wie in so vielen Fällen, die uns am meisten in die Augen fallenden Erscheinungen für die wirklichen Vorgänge in der Natur gerade die unbedeutendsten und machtlosesten sind. In Beziehung auf die den Pflanzen nöthige Feuchtigkeit giebt also die jährliche Regenmenge gar keinen Maassstab für die Fruchtbarkeit einer Gegend, sondern allein der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, die absolute und relative Menge von Wasserdampf, welche jährlich und insbesondere während der für die Vegetation wichtigsten Monate in der Luft enthalten ist.

So viel ist wohl als gewiss anzunehmen, dass der Boden, wenn er Pflanzen ernähren soll, eine grosse Menge Wasser aus der Atmosphäre absorbiren, also auch die dazu nöthigen Eigenschaften besitzen muss. In bedeutendem Maasse kommt diese Eigenschaft unter den ursprünglichen Bodenbestandtheilen nur dem Thone zu und jeder völlig thonfreie Boden ist daher auch mehr oder weniger unfruchtbar. Aber die ursprüngliche Vegetation bereichert bei ihrem Absterben den Boden mit einem Bestandtheile, dem Humus, der jene Eigenschaft in ungleich grösserem Maasse besitzt und daher auch eine ungleich üppigere Vegetation auf demselben Areal möglich macht, ohne selbst als solcher ein irgend in Anschlag kommender Theil der Nahrung zu sein. So steigt im Boden nach einer üppigen Vegetation die Fähigkeit, Pflanzen zu ernähren, und zwar um so mehr, je schneller durch die climatischen Einflüsse die absterbenden Pflanzen und Pflanzentheile in Humus umgewandelt werden. Auch hierin liegt ein Grund für die Verschiedenheit der Vegetation auf der Erde und eine wesentliche Bedingung der reichen Tropenvegetation.

Der fleissige *Schübler*** hat eine Reihe von Versuchen angestellt, um die Fähigkeit der Bodenarten, Wasser aus der Atmosphäre zu absorbiren, auf Zahlen zu bringen, die in folgender Tabelle enthalten sind.

---

* Die von *Berghaus* (a. a. O.) für den Rhein mitgetheilten sehr genauen Berechnungen geben einen Abfluss von $^3/_4$ der Hydrometeore und die von *Studer* (a. a. O.) für denselben Fluss mitgetheilten Beobachtungen gar $^4/_5$. Endlich nach den von *Berghaus* (a. a. O.) für die Weser zusammengestellten Angaben würde diese noch etwas mehr Wasser abführen, als die Hydrometeore ihres Gebiets liefern.

** Agriculturchemie, 2. Aufl. von *Krutsch* besorgt. 2, 84.

Erdarten.	1000 Gran Erde, in eine Fläche von 30 □Zoll verbreitet, absorbirten in			
	12	24	48	72 Stunden
Quarzsand	0	0	0	0 Gran
Kalksand	2	3	3	3
Gypserde	1	1	1	1
Lettartiger Thon	21	26	28	28
Lehmartiger Thon	25	30	34	35
Klangartiger Thon	30	36	40	41
Grauer reiner Thon	37	42	48	49
Feine Kalkerde	26	31	35	35
Feine Bittererde	69	76	80	82
Humus	80	97	110	120
Gartenerde	35	45	50	52
Ackererde	16	22	23	23
Schiefriger Mergel	24	29	32	33

Diese Versuche wurden in einer mit Feuchtigkeit völlig gesättigten Atmosphäre bei 12—15° R. angestellt. Um diese Versuche auf die Natur anwenden zu können, müssten wir noch drei andere Versuchsreihen haben, nach Verschiedenheit der Temperatur, der Dicke der Erdschicht und des Feuchtigkeitsgrades der Luft. Uebertragen wir (was freilich sicher unstatthaft ist) die *Schübler*'schen Versuche unmittelbar auf einen Ackerboden von 12″ Tiefe, so würden durch denselben den Pflanzen innerhalb einer Vegetationsperiode von 120 Tagen die ungeheuere Menge von 18 Millionen Pfd. Wasser zugeführt werden können.

Nun ist aber Wasser nicht die einzige, nicht die wichtigste Nahrung der Pflanzen, sondern hauptsächlich Kohlensäure und flüchtige Ammoniaksalze, welche die Pflanze beide aus der Atmosphäre schöpfen muss, und zwar die Kohlensäure wenigstens theilweise, die Ammoniakverbindungen wahrscheinlich ganz durch die Wurzeln. Was davon dem Boden durch den Regen zugeführt wird, verdunstet auch grösstentheils wieder mit dem Wasser und daher bedarf auch dafür die Pflanze im Boden einen Vermittler, den sie in gleichem Maasse in Thon und Humus findet. In allen landwirthschaftlichen Bodenschätzungen dreht sich daher auch die ganze Beurtheilung um den Gehalt an Thon und Humus. Der beste und schwerste Weizenboden enthält oft kaum Spuren von Humus, die gar nicht in Betracht kommen können, aber er ist reich an Thon.

Ich muss hier noch ein Vorurtheil berühren, welches wenigstens bei vielen Leuten ganz unbeargwohnt ihren Ansichten zu Grunde liegt und daher sehr verderblich bei der Auffassung der Ernährungserscheinungen geworden ist: nämlich, dass die Culturpflanzen auf bearbeitetem Boden unter vortheilhafteren Bedingungen vegetiren, als die wildwachsenden Pflanzen. Die Sache verhält sich vielmehr zum Theil gerade umgekehrt und bei der Cultur im Grossen (Ackerbau) sind die meisten Pflanzen gegen die natürlichen Bedingungen ihres Wachsthums so sehr in Nachtheil gestellt, dass wir vielmehr alle unsere Kunst des Ackerbaues aufbieten müssen, um diese Nachtheile einigermaassen wieder auszugleichen. Die Aufgabe der Pflanzencultur liegt darin, ein grösseres oder geringeres Areal mit einer und derselben Pflanzenart zu bedecken. Zu dem Ende müssen wir erst die ganze Vegetation dieses Bodens vernichten (den Boden aufreissen) und so viel wie möglich jede neue natürliche Bedeckung des Bodens (die Vernarbung) verhindern. Die dazu nöthigen mechanischen Eingriffe, so wie der längere Zeit andauernde Zustand der Nacktheit des Bodens bringen aber ungeheuere Nachtheile für die Vegetation mit sich, welche noch dadurch unendlich gesteigert werden, dass wir mit der Ernte dem Boden gewisse Bestandtheile alljährlich nehmen, die bei der wilden Vegetation dem Boden verbleiben. Die Umarbeitung des Bodens und der Zustand der Nacktheit haben aber die Nachtheile, dass die Verwitterung ausser-

ordentlich rasch fortschreitet, dass die Ausdörrung des Bodens durch die Sonne befördert und gleichzeitig die Zersetzung der wasseranziehenden Substanzen, des Humus, auf's Aeusserste beschleunigt, dass endlich der nackte und lockere Boden vom Regen förmlich ausgelaugt wird. Endlich sind die Culturpflanzen auch dadurch im Nachtheile, dass der Boden bei der Bedeckung mit einer Art nicht vollständig ausgenutzt wird und niemals so viel trägt, als er kann.

Ganz anders verhält sich freilich diese Sache, je mehr sich die Bodencultur dem vollendeten Gartenbau nähert. Hier sind die Pflanzen gegen die wilden Pflanzen unserer Klimate auffallend im Vortheile. Ein Gartenboden zeichnet sich aber durch zwei Eigenschaften aus, welche ihm durch die Art der Bearbeitung, nämlich die übermässige Düngung, eingeprägt sind. Erstens enthält er sämmtliche den Pflanzen nothwendige unorganische Bestandtheile in grösster Menge und in der günstigsten Form, nämlich an leicht verwesbare organische Substanz gebunden, und zweitens hat er wegen der Menge des Humus die Fähigkeit, den auf ihm wachsenden Pflanzen die organischen Elemente und namentlich das Wasser in grösster Menge und Stetigkeit zuführen zu können. In letzterer Beziehung macht er eine üppigere Vegetation überhaupt möglich; durch die erste Eigenschaft dagegen begünstigt er eine grosse Mannigfaltigkeit des chemischen Processes und somit auch einen Reichthum der Formen der auf ärmerem Boden unmöglich ist. Wohl nie in der wilden jungfräulichen Natur, selten auf unsern Aeckern, aber wohl in unsern Gärten sehen wir täglich einen Reichthum an neuen Spielarten entstehen, sehen diese Spielarten bei fortdauernd gleichförmiger Einwirkung der Bedingungen so constant werden, dass sie sich selbst durch Saamen fortpflanzen. Unmöglich aber können diese Einflüsse ihre Wirksamkeit verlieren, wo sie sich ohne Zuthun der Menschen von selbst bilden. Nun finden wir aber unter den Tropen, wo die nothwendigsten Bedingungen zur Bildung eines guten Gartenbodens fehlen, so gut wie bei uns Wüsten oder langweilig einförmige Pflanzenformationen. Dagegen tritt uns die besonders in ihrem Formenreichthum üppige Tropenvegetation nur da entgegen, wo in den natürlichen Verhältnissen schon die Bedingungen zur Bildung des reichsten Gartenbodens gegeben sind. Wie viele Varietäten mögen sich da im Laufe der Jahrtausende gebildet und zu constanten Formen entwickelt haben, während die Formenverschiedenheiten in minder begünstigten Klimaten wohl nur Ueberbleibsel einer Periode des Erdenlebens sind, wo auch in höheren Breiten die Eigenschaften der Atmosphäre ähnliche Verhältnisse bis zu den Polen hervorriefen, wie sie jetzt nur noch unter den Tropen sich finden können.

Einen eben so wesentlichen Antheil an dem Gedeihen der Pflanzen, als die Anziehung von Gasarten und Dünsten, hat aber auch die Eigenschaft des Bodens, von der Sonne erwärmt zu werden. Die Wärme des Bodens wirkt auf die Pflanzen ganz unabhängig von der Temperatur der Luft und muss häufig bedeutend höher sein, als die letztere, wenn die Pflanzen gedeihen sollen. Leider haben wir darüber im Allgemeinen noch gar wenig Beobachtungen, welche sich meistens auf die Tropen und unsere Treibhäuser beziehen.

Folgende Daten geben einen ungefähren Begriff, wie sich die Bodentemperatur steigern kann, ohne der Vegetation Eintrag zu thun.

Ort.	Bodentemperatur in Centigrad.	Bemerkungen.	Beobachter.
Cap	70,5	Im Boden eines Zwiebelgartens	*J. Herschell.*
Egypten . . .	56,00—62,25	—	*Edwards und Collin.*
In den Tropen .	52,25—66,7	—	*Humboldt.*
Frankreich . .	47,75—50	—	*Arago.*
Lantao (China) .	45,00	Wasser d. Reisfelder	*Meyen.*

Folgende interessante Tabelle entlehne ich von *Schübler* (a. a. O. S. 95). Die Colonne *A*. bezieht sich auf Beobachtungen, welche *Schübler* selbst in seinem Garten in Tübingen (1010 Par. F. über dem Meere) in südlicher Lage Mittags zwischen 12 und 1 nur bei ganz unbewölktem Himmel anstellte. Die Colonne *B*. giebt die Mittel aus den täglichen bei jedem Wetter (1796) angestellten Beobachtungen im botanischen Garten zu Genf (1252 Par. F. hoch).

	A.		*B*			
	Mittlere Temperatur der		Mittlere Temperatur			
Monate.	Erdoberfläche.	Luft im Schatten.	der Erdoberfläche.	3″ unter der Erde.	4′ unter der Erde.	der Luft im Schatten.
Januar	+ 9,8	— 3,3	+ 4,89	+ 2,88	+ 3,28	+ 2,73
Februar	+ 24,1	+ 4,9	+ 6,10	+ 3,46	+ 2,92	+ 2,17
März	+ 30,0	+ 6,5	+ 9,42	+ 4,97	+ 2,72	+ 2,71
April	+ 39,8	+ 13,2	+ 20,85	+ 12,75	+ 7,25	+ 8,07
Mai	+ 44,1	+ 15,7	+ 21,38	+ 14,40	+ 10,05	+ 10,59
Juni	+ 47,9	+ 19,2	+ 25,48	+ 18,49	+ 13,11	+ 12,85
Juli	+ 50,8	+ 21,9	+ 27,30	+ 18,37	+ 14,59	+ 13,86
August	+ 43,6	+ 16,4	+ 28,44	+ 19,95	+ 16,27	+ 15,01
September . . .	+ 39,0	+ 16,0	+ 22,55	+ 16,98	+ 15,16	+ 13,49
October	+ 21,7	+ 4,8	+ 12,36	+ 9,93	+ 11,90	+ 8,81
November . . .	+ 18,1	+ 3,6	+ 6,79	+ 5,18	+ 7,51	+ 4,23
December . . .	+ 12,1	+ 1,6	+ 1,44	+ 0,57	+ 3,09	+ 0,03
Mittel	+ 31,75	+ 10,04	+ 15,58	+ 10,58	+ 9,03	+ 7,87

Am 16. Juni 1828 stieg sogar das Thermometer im Boden bei Westwind auf 54 ° R. bei 20,5 ° Lufttemperatur.

Auch hierbei macht natürlich die specifische Natur der Pflanze einen wesentlichen Unterschied und manche Eigenheit in der Vertheilung der Pflanzen auf der Erde, die zuweilen nur als launenhaftes Spiel der Natur erscheint, weil die räumliche Begrenzung des Vorkommens oder Fehlens einer bestimmten Art so äusserst enge ist, mag seinen Grund in der Erwärmungsfähigkeit des Bodens haben. Ein bekannter Ausdruck der Gärtner und Landwirthe für eine gewisse schädliche Eigenschaft des Bodens ist »kaltgründig«. — Einen bedeutenden Antheil an der Erwärmungsfähigkeit des Bodens hat entschieden seine Farbe. Auf der (canarischen) Insel Graziosa fand *Humboldt* neben einander weissen und schwarzen (basaltischen) Sand; während der erste eine Temperatur von 40 ° C. besass, zeigte das Thermometer in dem letztern 54,2 ° C. Bei den *Schübler*'schen Versuchen zeigten sämmtliche Erdarten bei 20° R. Lufttemperatur, wenn ihnen künstlich eine weisse Oberfläche ertheilt war, eine Temperatur von 33°,0 bis 34°,8 R., bei einer künstlich schwarz gefärbten Oberfläche dagegen von 39°,1 bis 41°,0 R., während dieselben Erden in ihren verschiedenen natürlichen Farben im trocknen Zustande von 28°,1 bis 31°,8, im feuchten Zustande von 34°,1 bis 37°,9 variirte. Aus diesen *Schübler*'schen Versuchen scheint zugleich hervorzugehen, dass die chemische Natur des Bodens für sich nur einen äusserst geringen Einfluss auf seine Erwärmungsfähigkeit ausübt. Da die schwarze Farbe des Bodens aber im Grossen fast ganz allein von der Beimischung der organischen Reste abhängt, so zeigt sich uns hier abermals eine sehr wichtige Eigenschaft des Bodens, durch welche er die Vegetation wesentlich befördert, ohne gerade Nahrungsmittel zu sein, an die Gegenwart von vielem Humus gebunden. Fassen wir alle angeführten Thatsachen zusammen, so erklärt sich uns die nicht zu bestreitende günstige Wirkung des Humus für die Vegetation ganz vollkommen, auch wenn er durchaus nicht als ernährende Substanz dient.

§. 202.

2. Für die Assimilation der aufgenommenen Nahrungsstoffe sind hauptsächlich Wärme, Licht und Electricität zu erwähnen. Ohne Wärme und Licht kann keiner der wichtigen in der Pflanze vorkommenden chemischen Processe vor sich gehen; Aehnliches mag von der Electricität gelten, aber es fehlt hier noch an allen sichern Thatsachen der Erfahrung.

Ueber Wärme ist bereits gesprochen worden und in Bezug auf das Licht sind eigentlich nur die nackten Thatsachen vorzuführen, da eine Erklärung derselben um deswillen unmöglich ist, da es uns noch durchaus an einer genügenden Kenntniss des Lichtes oder vielmehr, worauf es hier allein ankommt, des Sonnenstrahls mangelt. Die chemischen Wirkungen des Sonnenstrahls zeigen sich uns zur Genüge im Reiche des Unorganischen bei Processen, wo Trennung und Verbindung der Elemente schon kräftigere Agentien verlangen und sie können daher am wenigsten bezweifelt werden in der organischen Welt, wo Isomerie, Polymerie und ähnliche Verhältnisse das Uebergehen einer Verbindung in eine andere von dem leichtesten Anstoss abhängig machen. Die Thatsachen sind auch zu augenfällig und allgemein bekannt, um irgend in Zweifel gezogen werden zu können. Das bleiche wässerige Ansehen der im Dunkeln erzogenen Pflanzen, das rasche Grünwerden derselben bei Einwirkung des Lichtes*, die so verschiedenen Stoffe, welche sich bei Gegenwart und Ausschluss des Lichtes in den Pflanzen bilden, z. B. bei Kopfkohl, Endivien, Bindsallat etc. sind so bekannte Vorgänge, dass es nur nöthig erscheint, daran zu erinnern. Mit der Auflösung der allgemeinen Erscheinung in die einzelnen chemischen Vorgänge ist man freilich nicht immer eben sehr glücklich gewesen und zwar abermals, weil man sich damit begnügte, in den Tag hinein zu rathen, statt zu untersuchen und zu beobachten. Bis auf die neueste Zeit hiess allgemein das Blattgrün die kohlenstoffreichste Substanz und das Grünwerden der Pflanzen eine lebhafte Desoxydation, eine Fixirung des Kohlenstoffs. Der erste, der es sich zur Aufgabe machte, einmal den Process selbst und die in Frage kommenden Stoffe der Untersuchung zu unterwerfen, *Mulder*, wiess sogleich nach, dass das Chlorophyll vielmehr eine dem Indigo analoge stickstoffreiche Substanz sei, wie ich schon früher vermuthete, und dass das Grünwerden vielmehr auf einem sehr intensiven Oxydationsprocesse beruhe. *Mulder* wiess zugleich nach, dass die Umwandlung von Zucker, Gummi, Stärke etc. in Wachs und fettartige Substanzen in den krautartigen Theilen der Pflanzen den Sauerstoff für diese Oxydation liefere. Wir finden deshalb auch überall das Blattgrün an fett- und wachsartige Materien gebunden.

Nicht minder bekannt ist es seit *de Saussure's* Versuchen, dass die Fixirung der Kohlensäure, die Ausscheidung des Sauerstoffs in den Pflanzen von der Einwirkung des Lichtes abhängig sind.

Auf Eins will ich hier noch aufmerksam machen, auf die Gefahr hin, den Lebenskraftphantasten selbst die Waffen in die Hände zu liefern, da ich für mich doch fest überzeugt bin, dass die Chemie uns die Erklärung nicht schuldig bleiben wird. In der ganzen Pflanzenwelt nämlich finden wir die Entwickelung der Farben an die Einwirkung des Lichtes gebunden und doch sind mit wenig Ausnahmen (etwa Indigo und einige harzartige Farbstoffe) gerade die Pflanzenfarbstoffe, sobald sie isolirt dargestellt sind, die allerunächtesten, so dass sie bei Einwirkung des Lichtes verbleichen,

---

* Ich hatte vor einigen Jahren Hafer auf feuchtem Sande unter einer Bedeckung von Zinkblech keimen lassen, bis die Blattknospe eine Länge von 4 Zoll erreicht hatte, aber durchaus bleichgelb erschien. Die Pflänzchen wurden nun ausgerissen, für andere Zwecke sorgfältig abgewaschen, zwischen Fliesspapier getrocknet und dann auf weissem Papier zum Austrocknen in die Sonne gelegt. Schon nach 6 Stunden waren alle Pflänzchen fast lufttrocken, aber auch alle grasgrün geworden.

so namentlich das Blattgrün und viele der in der Pflanze intensivsten Farben, z. B. die meisten rothen und blauen gehen augenblicklich im Lichte zu Grunde, sobald man versucht, sie aus der Pflanze auszuscheiden.

Ueber die Einwirkung der Electricität sage ich nichts weiter, weil wir noch nichts darüber wissen, was sich auch nur einigermaassen wissenschaftlich behandeln liesse und die Mittheilung unverbürgter Gerüchte überlasse ich gern den politischen Zeitungen.

V. Bewegung der Säfte durch die Pflanze.

§. 203.

Alle Pflanzen von den Moosen aufwärts vertheilen die aufgenommene Flüssigkeit, indem dieselbe endosmotisch von Zelle zu Zelle geht, durch die ganze Pflanze. Wo grössere Verdunstung, also grössere Concentration der Säfte, wo grössere chemische Thätigkeit, dadurch vielleicht Umwandlung dünnerer in dichtere Stoffe, da ist die grössere endosmotische Kraft, also auch der grössere Zustrom von Säften, daher im Allgemeinen zu allen grünen Theilen und zu allen Knospen. Diese Vertheilung oder Aufnahme ist gleichförmig bei allen eigentlichen Tropenpflanzen mit continuirlicher Vegetation; periodisch sich ändernd dagegen bei den Pflanzen der Klimate mit strengerem Wechsel der Jahreszeiten. An letzteren tritt ein Zeitpunkt ein, wo in Folge der meteorologischen Verhältnisse die chemische Thätigkeit und die Ausdünstung und in Folge dessen auch die Aufnahme und Vertheilung von Flüssigkeit fast ganz unterdrückt ist; beim Eintritt der bessern Jahreszeit tritt sie dann mit grosser Kraft von Neuem auf. Auf welche Weise zunächst die chemische Thätigkeit, die Verdunstung und somit die lebhaftere Aufnahme in der heissen Zone mit Eintritt des Regens, in der gemässigten mit Eintritt des Frühlings wieder angeregt wird, ist uns noch unbekannt; doch scheinen in der gemässigten Zone die Wärme, in der heissen die Feuchtigkeit den grössten Antheil daran zu haben, also die beiden Hauptbedingungen chemischer Processe. Selbst die Erscheinungen bei dieser Erneuerung der Lebensthätigkeit sind uns nur noch oberflächlich bekannt. Wir wissen nur so viel, dass eine grössere Menge Flüssigkeit mit grosser Kraft aufgenommen, dass die vorher abgelagerte Stärke zu Zucker und Gummi aufgelöst wird und dass demnächst die Entwickelung neuer Blätter und Knospen, bei perennirenden dicotyledonen Holzpflanzen auch die Bildung neuer Jahresringe erfolgt. Wie die einzelnen Zellen den von ihnen aufgenommenen Saft verarbeiten, ist nur sehr im Allgemeinen für jede Pflanzenart bestimmt. Am Lichte bilden sie viel Schleim, Chlorophyll und bittere Stoffe (Gerbsäure), vom Lichte abgeschlossen mehr Gummi, Stärke und Zucker. Bestimmte Stoffe werden auch von einer grösseren Menge von Zellen nach specifischer Verschiedenheit, und zwar als einfache Stoffe (ätherische Oele, fette Oele, Gummi, Gallerte), in Saftgängen und als der sehr verschiedenartig zusammengesetzte Milchsaft bald in Milchsaftgänge, bald in Milchsaftgefässe hinein abgesondert. Der Process dieser innern Ausscheidung ist noch unbekannt.

Endlich ist hier noch Folgendes zu erwähnen. Es werden nämlich an bestimmten Stellen der Pflanze alle Flüssigkeiten den Zellen (z. B. dem Marke, den Spiralgefässen) entzogen, oder es werden Zellen (Mutterzellen) und Zellenmassen

(z. B. der Knospenkern) durch chemische Processe verflüssigt und diese Flüssigkeiten wieder in die allgemeine Säftemasse aufgenommen. Diesen Process, der noch völlig unaufgeklärt ist, nennt man Aufsaugung (*resorptio*).

In der Pflanzenphysiologie ist fast keine Lehre so sehr in ihrer Kindheit, als die von der Bewegung des Saftes, indem durch unzweckmässige Versuche und Analogien, die mit unglücklichem Eigensinn festgehalten wurden, fast anderthalb Jahrhunderte für die Fortbildung der Lehre verloren gegangen sind. Die ältesten, noch unbefangenen Beobachter, *Malpighi*, *Grew* u. A., erkannten, mit den nöthigen physikalischen Kenntnissen ausgerüstet, sogleich, dass die Spiral- und porösen Gefässe nur Luft enthielten, und nannten eben deshalb die ersteren *tracheae*. Da kam im Anfange des vorigen Jahrhunderts *Magnol* auf die unglückliche Idee, abgeschnittene Pflanzentheile in gefärbte Flüssigkeiten zu setzen, und damit war's um die gesunde Forschung geschehen. Dass abgeschnittene Pflanzentheile Flüssigkeiten in ihre Spiral- und porösen Gefässe aufnehmen, diente von nun an zur Grundlage für alle, man kann wohl sagen, Träumereien über den Säfteumlauf in der Pflanze, und der falschen Ansicht, dass bei Pflanzen ähnliche Verhältnisse und Organe wie bei den (höheren) Thieren vorhanden sein müssten, gelang es bald, ein vollständiges System der Saftbewegung (leider nur in der Phantasie) auszuzeichnen, welchem sich denn auch leicht einige vereinzelte Thatsachen anpassen liessen. Hiernach sollte der rohe Nahrungssaft in den Gefässen des Holzkörpers aufsteigen, dann in den Blättern verarbeitet (assimilirt) werden und endlich in der Rinde wieder abwärts steigen, um so das Cambium abzusondern und zuletzt die Verlängerung der Wurzel zu vermitteln. Es ist wahrhaft traurig, wenn man die Geschichte und Literatur dieser Lehre durchgeht, zu sehen, mit welchen Widersinnigkeiten man diese im Kopfe ausgesponnene Phantasie der Wirklichkeit anzupassen oder gar aus dieser zu begründen suchte. Dass die fast gänzliche Vernachlässigung gründlicher mikroskopischer Untersuchungen ihren grossen Antheil an diesen Irrwegen hat, versteht sich von selbst. Aber auch in neuester Zeit, bei verbesserten Instrumenten und Untersuchungsmethoden, hat man das einmal mit der Geschichte der Wissenschaft verwachsene Vorurtheil, seinen eigenen Sinnen zum Trotz, nicht überwinden können. Das merkwürdigste Beispiel der Art liefert *Treviranus*. Im Capitel über die Gefässe * sagt er sehr richtig: »Niemals habe ich die Gefässe, wenn sie sogleich nach der Trennung von der übrigen Holzmasse untersucht wurden, anders als mit Luftgehalt wahrgenommen«. Daneben stellt er dann ausführlich die genauen Beobachtungen Anderer und die schlagenden Beweise von *Bernhardi* und *Bischoff* für dieselbe Thatsache; er beruft sich geradezu auf das Zeugniss Jedes, der nur Lust hat zu untersuchen. Im Abschnitte von der Saftbewegung ** hat er aber dies völlig gesicherte Resultat ganz und gar wieder vergessen, und es wird hier stets nur von der Saftbewegung in den Gefässen fast in einer Weise gesprochen, als lohne es sich kaum der Mühe, dafür noch Beweise beizubringen. *Link**** meint zwar, daraus einen Beweis abzuleiten, wie sehr er nach der Wahrheit gestrebt, dass er zweimal seine Ansicht über den Inhalt der Gefässe geändert. Ich meine aber, es beweist nur, dass er alle drei Mal seine Ansichten durchaus ohne zulängliche Begründung ausgesprochen. Ein einigermassen habiler Beobachter, der acht Tage im Sommer daran wendet, ein paar hundert Pflanzen in dieser Beziehung zu untersuchen, überzeugt sich ganz vollkommen von der Thatsache, dass die Pflanzen in den ausgebildeten Spiral- und porösen Gefässen nur Luft führen, deshalb, rasch unter Wasser gebracht und untersucht, beständig schwarz erscheinen; dass dies ebensowohl für unsere einjährigen, als perennirenden Pflanzen, und für alle

* Physiologie, Bd. I. S. 118.

** A. a. O., S. 283 ff.

*** *Wiegmann's* Archiv, Jahrg. 1841, Bd. II. S. 278.

tropischen, selbst die saftreichsten, wenigstens in unsern Treibhäusern, gilt. Man überzeugt sich ferner gar leicht durch Wiederholung dieser Untersuchungen, dass in diesem Verhältnisse Jahres- und Tageszeiten keine Abänderung hervorrufen, als höchstens etwa bei perennirenden dicotyledonen Holzpflanzen unserer Klimate, einige Wochen im Frühjahr und unter ganz besonderen durchaus unnatürlichen Verhältnissen. Ist diese Thatsache einmal festgestellt, so fällt damit Alles weg, was bisher von den meisten Botanikern über die Saftbewegung in den Pflanzen vorgebracht ist, und es müssen ganz neue Bahnen aufgesucht werden. Zweierlei will ich hier zunächst sondern: 1. die Frage nach der Ursache der Aufnahme des Saftes; 2. die nach dem Wege, welchen der Saft in der Pflanze verfolgt.

Ueber den Grund der Aufnahme hat man bis vor nicht gar langer Zeit die nichtssagenden Redensarten von Lebensthätigkeit der Pflanze, lebendiger Anziehung des Saftes durch die Gefässe u. s. w. gehabt. *Dutrochet* machte zuerst auf eine Erscheinung aufmerksam, die vollkommen geeignet scheint, eine genügende Erklärung an die Hand zu geben, die von ihm sogenannte Endosmose. Ein anderer Erklärungsgrund ist bis jetzt nicht aufzufinden. Zunächst sind die Bedingungen für das Dasein der Endosmose in der Pflanze vollständig gegeben, nämlich eine stark gummi-, zucker- oder eiweiss- (schleim-) haltige Flüssigkeit, die von dem verhältnissmässig unbedeutend mit fremden Substanzen geschwängerten Wasser des Bodens durch eine im höchsten Grade leicht durchdringliche Membran getrennt ist; sodann reicht die bei der Endosmose beobachtete Wirkung vollkommen aus, um der höchsten Aeusserung der Kraft, welche den Saft in der Pflanze steigen macht, vollständig zu entsprechen. Eine Zuckerlösung von 1,140 *P. sp.* hob nach *Dutrochet* die Quecksilbersäule im endosmotischen Apparat binnen zwei Tagen auf 45″ 9‴, zeigte also eine Kraft, die dem Drucke von mehr als $2\frac{1}{2}$ Atmosphäre das Gleichgewicht hielt; in allen von *St. Hales*, *Meyen*, *Mirbel* u. A. angestellten Versuchen an dem Weinstocke wurde dagegen das Quecksilber niemals in so kurzer Zeit über 15″ gehoben. Es bleibt also noch ein bedeutender Kraftüberschuss zu Gunsten der Endosmose, selbst wenn man annehmen wollte, der Saft stiege in den Gefässen, also in continuirlichen Röhren auf. Dies ist nun aber nicht der Fall, sondern die endosmotische Kraft braucht nur von Zelle zu Zelle zu wirken; dadurch wird einestheils in der lebenden Pflanze der Druck der obern Flüssigkeitssäule auf die jedesmalige endosmotische Membran auf ein Geringstes herabgebracht, und zweitens wird vielleicht auch der Gesammteffect noch dadurch verstärkt, obwohl darüber noch keine Versuche vorliegen. Ueberhaupt ist hier abermals noch eine grosse Reihe von Aufgaben zu lösen, indem ausser den so mannigfaltig anzustellenden endosmotischen Versuchen, namentlich mit Berücksichtigung der Wirkung, die etwa bei übereinander sich wiederholenden Endosmosen eintritt, auch die Beobachtungen an lebenden Pflanzen wieder vorzunehmen und insbesondere hier genauer der Zelleninhalt, sein specifisches Gewicht und seine Bestandtheile in den verschiedenen Höhen der Pflanze u. s. w. zu prüfen sind. Alles das hier Erwähnte betrifft aber nur das Aufsteigen des Frühlingssaftes in den Bäumen unserer Klimate. Für alle übrigen Jahreszeiten und für die übrigen Pflanzen kommt zu der Endosmose noch die Verdunstung durch die Blätter hinzu und bei ihr ist sehr wahrscheinlich der Saftstrom noch stärker und schneller, als bei dem sogenannten Frühlingssaft, obwohl es bei vielem Geschwätz über die Saftbewegung auch hier durchaus an allen brauchbaren Beobachtungen fehlt. In Betreff der Tropenpflanzen ist gewiss, dass sich die meisten diesen letztern vollkommen anschliessen, so weit unsere Treibhäuser erlauben, auf Beobachtungen der Art sicher zu bauen. Viele Schlinggewächse lassen unter den Tropen durchschnitten eine grosse Menge Saft ausfliessen und *Meyen* glaubt deshalb, man müsse sie als beständig in demselben Zustande befindlich betrachten, in welchem unsere Waldbäume zur Zeit des Frühlingssaftes seien. Ich glaube dagegen, dass zu einer solchen Annahme kein Grund vorliegt, wohl aber dringende Gründe zu dem Wunsche, dass von irgend einer Regie-

rung statt der vielen Speciessammler einmal ein tüchtiger Physiologe mit der nöthigen Unterstützung und zweckmässigen Ausstattung in jene Gegenden gesendet werden möge, wo so viel zu beobachten ist und so wenig bis jetzt beobachtet wurde.

Die zweite Frage nun ist die nach den Bahnen des Saftes in der Pflanze. Thatsachen sind hier zunächst folgende. Die sogenannten Gefässe der meisten Pflanzen führen niemals Saft, bei den übrigen höchstens vielleicht während weniger Wochen; in die sich bildenden Knospen, also da, wo gerade der grösste Verbrauch von Säften, die lebendigste Neubildung ist, reichen die Gefässe noch gar nicht hinein; viele sehr wichtige Organe, in denen ebenfalls ein reger Vegetationsprocess und bedeutende bildende Thätigkeit herrscht, z. B. Staubfaden und Saamenknospe, haben nicht selten gar keine Gefässe; bedeutende Parenchymmassen, in denen tausende von Zellen, lebhaft vegetirend, beisammen liegen, werden gar nicht von Gefässen durchzogen; fünf grosse Classen von Pflanzen, nämlich die Algen, Flechten, Pilze, Moose und Lebermoose haben keine Spur von Gefässen; unter den übrigen giebt es wenigstens mehrere Geschlechter und Arten, denen die Gefässe abgehen. Nach solchen Prämissen aber, dächte ich, kann es keinem unbefangenen Forscher einfallen, bei der Saftbewegung an die Gefässe zu denken, oder ihnen auch nur den nächsten und wesentlichsten Antheil dabei zuzumuthen. Nichts ist gewisser, als dass in den meisten und wichtigsten Fällen die einzelnen Zellen die Nahrungsflüssigkeit, die sie bedürfen, endosmotisch von anderen Zellen aufnehmen müssen, dass es also völlig überflüssig ist, für die wenigen und unwichtigen Fälle eine eigene Zuführungsart des Saftes auszusinnen. Ueber die Bedeutung der Gefässe und Gefässbündel habe ich mich schon früher (§. 34, S. 213 ff.) ausgesprochen, die Verhältnisse, unter denen sie vorkommen, die Art ihrer Entstehung und Fortbildung scheinen keinen Zweifel darüber zu lassen, dass sie die Folgen und nicht die Ursachen einer lebhaften Saftbewegung in bestimmter Richtung sind. Wo ein bedeutender Bildungsprocess, eine grössere chemische Thätigkeit sich zeigt, sind die Bedingungen für eine stärkere Endosmose, also für ein rascheres Zuströmen des Saftes gegeben. Dieser Saftstrom wirkt auf die Zellen, durch welche er geht, ganz natürlich den Gesetzen des individuellen Zellenlebens gemäss, so ein, dass sie in Gefässe und langgestreckte Zellen umgewandelt werden (und eben dadurch allmälig gerade unfähig werden, noch fernerhin dem Saftstrom den Durchgang zu gestatten). Daher gehen Gefässbündel nach jeder Knospe, besonders nach der am lebhaftesten sich entwickelnden Terminalknospe, nach jedem sich entwickelnden Blatt u. s. w. Wo die chemische Thätigkeit langsamer ist, findet kein so lebhafter Zustrom des Saftes statt, dass er einen so wesentlichen umbildenden Einfluss auf die Zellen ausüben könnte.

Die bewegende Ursache ist hier allein die anziehende Kraft in der Mischung heterogener Flüssigkeiten, die Möglichkeit der Bewegung liegt aber in der allgemeinen Eigenschaft vegetabilischer Membranen, Flüssigkeiten durchzulassen, der Imbibitionsfähigkeit*. Ich habe darüber schon in meinem Aufsatze über die Cacteen meine Ansichten ausgesprochen und bemerkt, wie wir nicht dafür eine Erklärung zu suchen hätten, wie Flüssigkeiten durch Membranen durchgehen, sondern gerade dafür, warum sie in gewissen Fällen zurückgehalten werden. Dafür liegt der Grund theils darin, dass die eine Seite der Membran mit Luft in Berührung steht, die nicht entweichen und von der Flüssigkeit auch nicht absorbirt werden kann, theils darin, dass die an beiden Seiten der Membran befindlichen Flüssigkeiten unmischbar sind, z. B. Oel oder Harz und wässrige Flüssigkeiten. *Link*** sagt in Bezug auf diese meine Ansicht: »Da die leblose Pflanzenmembran die Flüssigkeit zurückhält, wie wir täglich sehen, so ist es wohl am einfachsten, diese Eigenschaften den lebenden Membranen

* Vgl. Th. 1. §. 39.

** *Wiegmann's* Archiv 1841, Bd. II. S. 379.

ursprünglich beizulegen« u. s. w. Der Schluss wäre an sich schon mindestens voreilig; denn wir wissen aus der Chemie, dass es gar manche im Wasser gelöste Stoffe giebt, die, einmal völlig zur Trockene verdampft, im Wasser gar nicht oder unvollständig wieder auflöslich sind; so könnte auch eine Membran, die im lebenden Zustande von Wasser durchdrungen Flüssigkeiten durchlässt, diese Eigenschaft verlieren, wenn sie einmal ganz trocken geworden. Aber es ist auch in der That Schade, dass *Link* nicht angeführt hat, wo er Gelegenheit hat, diesen seltenen Anblick täglich zu geniessen; er würde dadurch allen Holzarbeitern, die von der Chemie die künstlichsten Firnisse und Anstriche entlehnen, um Holz gegen das Eindringen des Wassers zu schützen, den wesentlichsten Dienst leisten. Was ich täglich sehe, ist, dass Holz, Leinen, Papier u. s. w. durch und durch von Feuchtigkeit durchdrungen wird, dass z. B. gescheuerte Dielen bis auf bedeutende Tiefe nass sind, dass hölzerne Gefässe, in denen Wasser steht, bis auf eines Viertelzolls Dicke vom Wasser getränkt sind, dass die Flösser auf einen bestimmten Verlust an Senkholz rechnen, welches so vollständig vom Wasser durchzogen wird, dass alle Luft, die das Holz schwimmend erhielt, entweicht, dass dickes Holz nur deshalb langsamer und nicht völlig von Wasser durchdrungen wird, weil die in den Zellen eingeschlossene Luft nicht so schnell oder gar nicht entweichen kann u. s. w. Das Alles sind tägliche Erfahrungen. Aus wissenschaftlichen Untersuchungen erfahren wir aber, dass vegetabilische Membranen eben so gut zu endosmotischen Versuchen benutzt werden können, wie thierische; dass die Stärke in den Zellen eines wochenlang aufbewahrten Kartoffelscheibchens sich durch Jod fast eben so schnell färbt, wie in der frischen Kartoffel; dass, wenn man altes todtes Holz, Mark, Baumwolle u. dergl. unterm Mikroskop betrachtet, alle Zellen mit Luft erfüllt sind, aber sobald man einen Tropfen Wasser darauf bringt, in kurzer Zeit, indem gleichzeitig die Luft absorbirt wird, von Wasser angefüllt werden: kurz, dass in dieser Beziehung die lebende und todte Membran keinen Unterschied zeigen, als die noch von Feuchtigkeit durchdrungene und die völlig ausgetrocknete, indem natürlich die letztere anfänglich etwas langsamer durchlässt, da sie selbst erst wieder Feuchtigkeit in sich aufnehmen muss. Das Alles hätte *Link* wissen können und wissen sollen, wenn er darüber reden wollte.

Mit dem Allen kommt es aber noch immer zu keiner Bewegung des Saftes in der Pflanze. Der Zellensaft, wässriger Natur, ist so gut wie gar nicht compressibel, die Zellenwände sind so wenig elastisch, dass man sie besonders im Zusammenhang der ganzen Pflanze in dieser Rücksicht fast als starr ansehen kann, eine Ausdehnung und Zusammenziehung ist daher bei ihnen um so weniger anzunehmen, da keine Beobachtung uns eine Andeutung dafür giebt. Ganz anders ist es bei den Thieren, wo in der Elasticität der Wände der Flüssigkeitsbehälter und in der leichten Verschiebbarkeit der angrenzenden Weichtheile die Möglichkeit localer oder allgemeiner Ueberfüllung und Entleerung gegeben ist. Eine Flüssigkeit kann daher nicht in eine Zelle und folglich auch nicht in eine Pflanze oder einen Pflanzentheil eintreten, ehe nicht die darin enthaltene Flüssigkeit Platz gemacht hat. Da aber alle Zellen mit Flüssigkeit erfüllt sind, so kann nur die Verdunstung Raum schaffen. Im Wesentlichen ist daher die Saftbewegung in der Pflanze ihrer Existenz sowohl wie ihrer Stärke und Richtung nach ganz von der Ausdünstung abhängig. Wo am meisten verdunstet, dahin fliesst der meiste Saft, also stets nach den Blättern, stets nach den jüngsten Theilen. Die Saftbewegung muss am stärksten sein, wenn die Pflanze viele ausdünstende Organe hat, also im Sommer, am schwächsten, wenn sie wenig ausdünstet, wie im Winter. Neben der Ausdünstung macht sich vielleicht noch ein anderes Verhältniss, aber wie sich von selbst versteht, nur in sehr untergeordneter Weise geltend, nämlich der chemische Process. Bei den Verwandlungen der Säfte in feste oder flüssige Stoffe wird meistenstheils das specifische Gewicht erhöht, also eine Volumenverminderung eintreten, wodurch ebenfalls für den Eintritt neuer Flüssigkeiten Raum geschafft wird. Vertheilt man aber die Massenzunahme einer einzelnen Pflanze während

der ganzen Vegetationszeit auf einzelne kleinste Zeittheilchen, so sieht man leicht ein, wie unbedeutend der chemische Process in jedem Augenblick in der Pflanze ist im Verhältniss der so starken Verdunstung. Die Verdunstung wirkt aber auch noch als bedeutendes Unterstützungsmittel der Endosmose, als saugende Kraft. Bis jetzt ist hierüber so wenig, als über irgend eine wichtige Frage von den Botanikern etwas gethan worden, weil in den Tag hinein ein System zusammenträumen leichter ist, als Beobachten, Untersuchen und Experimentiren.

Dass die Vertheilung der Flüssigkeit gesetzmässig und normal nicht durch die sogenannten Gefässe erfolgt, kann für den genauen Beobachter nach dem Vorgetragenen gar keinem Zweifel mehr unterliegen. Es bleibt aber noch ein Factum stehen, welches bisher die meisten Forscher, denen es an gesunder Methode fehlte, verwirrt hat, nämlich der sogenannte Frühlingssaft. Die meisten Versuche über Saftbewegung in den Pflanzen sind im Frühling am Weinstock angestellt und man hat diese Erfahrungen ohne Nachdenken auf die Pflanze im Allgemeinen übertragen. Diese Art zu beobachten ist um so verkehrter, da ich fest überzeugt bin, dass es in Kurzem leicht sein wird nachzuweisen, dass der Frühlingssaft in der gewöhnlich angenommenen Weise überhaupt gar nicht existirt. Einstweilen kann ich nur folgende vorläufige Versuche anführen. Die Erscheinungen sind allgemein bekannt, dass verschiedene holzige Gewächse, namentlich der Weinstock, die Birke, die Hainbuche, wenn man im Frühlinge ihre Zweige beschneidet oder ihren Stamm anbohrt, eine grosse Menge Flüssigkeit ausfliessen lassen und dass diese Flüssigkeit zum Theil, namentlich beim Weinstock, mit einer Kraft, die dem Druck von mehr als zwei Atmosphären entspricht, hervordringt. Flösse der Saft in continuirlichen Röhren, so müsste bei einem solchen Druck (wenigstens beim Weinstock, dessen sogenannte Gefässe bei alten Stämmen zuweilen fast 0,3 *m m* im Durchmesser haben) der Saft in einem Strahl hervorspritzen, was er doch niemals thut; schon dieses Factum spricht gegen die Bewegung der Flüssigkeit in den Gefässen. Aber zunächst ist doch wohl die Frage zu beantworten: dürfen wir denn überhaupt einen Schluss von der verletzten Pflanze auf die unverletzte und normal vegetirende machen? Pflanzen, die nicht im Frühjahr beschnitten wurden, namentlich auch Weinstöcke, lassen nirgends eine tropfbare Flüssigkeit hervordringen, sie belauben sich nach meinen diesjährigen eignen Beobachtungen, so wie nach den vieljährigen Erfahrungen des hiesigen botanischen Gärtners, Herrn *Baumann*, weder auffallend früher, noch später als die beschnittenen. Nun lieferte mir eine Rebe, die etwa 0,011 *m* Durchmesser hatte, 1,446 *m* über der Erde lang war und etwa 0,2 *m* über dem Boden fast horizontal verlief, vom 25. April* Morgens 11 Uhr bis zum 2. Mai Nachmittags 5 Uhr mindestens (wegen einiger nicht zu berechnenden Verluste) 4550 C Cent. Saft, also für die Stunde 30,33 C C. Sie war durch eine Kautschoukmanschette mit einem Glasrohre verbunden, welches in einem Kolben durch einen Kork befestigt war; eine andere an beiden Enden ganz fein ausgezogene Röhre, die ebenfalls durch den Kork ging, diente dazu, möglichst die Verdunstung zu vermindern, ohne das Entweichen der Luft aus dem Kolben unmöglich zu machen. Mit einer andern Rebe *B* (2,396 *m* lang, 0,01 *m* dick und ähnlich verlaufend) verband ich den Kolben nur durch eine oben etwas geöffnete Kautschoukrinne, so dass die Luft freien Zutritt zur Schnittfläche hatte. Diese Rebe lieferte nach den ersten 6 Stunden weniger Saft, als die andere und hörte bei weitem früher auf zu bluten. Im Ganzen aber erhielt ich von ihr 3220 C C., also für die Stunde 21,406... C C. Saft. Dass ein solcher Saftstrom aber nicht in der unbeschnittenen, also natürlich vegetirenden Pflanze stattfinden kann, ergiebt sich von selbst, denn eine solche Menge von Flüssigkeit kann auf keine Weise durch die trockene mit Luft erfüllte Rinde verdun-

* Am 10. und 11. April hatten die Weinstöcke in der günstigsten Lage desselben Gartens angefangen zu bluten, am 2. u. 3. Mai hörten sie auf.

sten. Ich muss gestehen, dass ich mich auch bei beschnittenen blutenden Reben noch nicht vollständig von der Anwesenheit von Saft in den Gefässen habe überzeugen können, aber zugegeben, dass sie dann für eine kurze Zeit Saft enthalten, so giebt doch selbst der genaueste und neueste Beobachter der Erscheinungen des Blutens *E. Brücke**, zu, dass der Saft hier nur passiv aus den benachbarten Zellen in die Gefässe eindringe. Aber kann das auch bei der unverletzten Pflanze stattfinden und findet es statt? Ich glaube, nein. Vor dem Beginn des Saftsteigens sind jedenfalls alle Gefässe mit Luft erfüllt. Wo bleibt die Luft? *Brücke* sagt, sie entweicht oder wird resorbirt. Entweichen soll sie durch die Blattnarben, aber die Blattnarben bluten nicht und es scheint mir doch mehr als unwahrscheinlich, dass eine angebliche Oeffnung Luft entweichen lassen kann, aus welcher selbst bei einem Druck von $2\frac{1}{2}$ Atmosphären noch keine dem destillirten Wasser sehr nahe stehende Flüssigkeit hervordringt. Dass sie absorbirt werde, ist nun aber jedenfalls eine Fiction und zur Zeit noch sehr unwahrscheinlich. Die Luft in den Gefässen ist eine sauerstoffreiche atmosphärische Luft (*Bischoff*). Beim Weinstock ist sicher (das lufterfüllte Mark abgerechnet) das Volumen der Gefässe dem Volumen der in den Zellen enthaltenen Flüssigkeit gleich; reines Wasser absorbirt von Sauerstoff nur 6,5 Vol. Procente, von Stickstoff nur 4,2 Vol. Proc., Flüssigkeiten, die Zucker, Gummi etc. gelöst enthalten, noch geringere Quantitäten (*Saussure*). Es kann somit die in der Pflanze enthaltene Flüssigkeit unmöglich das in den Gefässen enthaltene Gas absorbiren. Aber bei den sorgfältigsten Beobachtungen fand ich auch bei unbeschnittenen Weinstöcken stets nur Luft in den Gefässen.

Dass die Verhältnisse, die sich bei beschnittenen oder angebohrten Pflanzen im Frühlinge zeigen, nur bei grosser Oberflächlichkeit der Betrachtung auf gesunde Pflanzen ohne weiteres angewendet werden können, glaube ich hier nachgewiesen zu haben; dass sie überhaupt unanwendbar und nur ein pathologisches Phänomen sind, scheint mir wenigstens nach dem Vorigen sehr nahe zu liegen. Sehr wahrscheinlich existirt gar kein Frühlingssaft als rascher Strom in der unverletzten Pflanze, sicher ist er viel unbedeutender als der Saftstrom im Sommer. Eine mittlere Sonnenblume treibt täglich über ein Pfd. Wasser durch sich hindurch (*St. Hales*). Ihre Blätter haben sicher nicht die Hälfte Oberfläche, die den Blättern der in meinem Versuche benutzten Reben im Sommer zukommen würde. Diese Reben lieferten im Frühling, in der Periode des heftigsten Blutens, höchstens 189,48 ... CC, also nur 0,508 Pfd. Nun sind aber im Sommer ohne Zweifel nach allen genauen Beobachtern die Gefässe mit Luft erfüllt, obwohl der Saftstrom mindestens um das Doppelte stärker ist, wie bei der blutenden Rebe und somit fällt, wie ich meine, auch jede Möglichkeit weg, an eine normale Saftbewegung in den Gefässen zu denken und zumal dieselbe aus den Erscheinungen des angeblichen Frühlingssaftes abzuleiten.

Die von *Hales* und Anderen berechnete Kraft, mit welcher die Flüssigkeit aus der beschnittenen Rebe ausströmt, existirt also in der unverletzten Pflanze nur als endosmotische Spannung in den Wurzelspitzen, und sehr wahrscheinlich ist dieselbe im Frühling grösser, als im Sommer, weil die Säfte in den Zellen im Sommer weniger concentrirt, weniger von der Flüssigkeit des Bodens specifisch und ihrer Dichtigkeit nach verschiedener sind, als im Frühling. Wenn gleichwohl der Saftstrom im Sommer bedeutender ist, als zu irgend einer anderen Jahreszeit, so kommt das daher, weil dabei in doppelter Weise die Verdunstung betheiligt ist, einmal für den Zustrom Raum schaffend und dann selbst aufsaugend.

Wir haben also nach dem Erörterten folgende Hauptpunkte für die Lehre von der Saftbewegung in's Auge zu fassen.

1. Da es keine Gefässe, d. h. continuirliche Röhren zur Aufnahme und Fortfüh-

---

* *Poggendorff*'s Ann. 1844.

rung der Flüssigkeiten in der Pflanze giebt, so beruht die **Möglichkeit** der Saftbewegung auf der Durchdringlichkeit der Zellenmembran für Flüssigkeiten.

2. Die **bewegende Kraft**, die den Eintritt des Saftes in die Pflanze und in jede einzelne Zelle bewirkt, ist die Endosmose, unterstützt durch die Aufsaugung in Folge der Verdunstung.

3. Das Princip der **Wirklichkeit** des Saftstromes in der Pflanze aber ist hauptsächlich die Verdunstung und vielleicht in geringer Weise unterstützend, der chemische Process, durch welchen voluminöse Flüssigkeiten in minder voluminöse feste Stoffe umgewandelt werden.

4. Die beiden letzten Verhältnisse sind auch die bestimmenden Ursachen für die Richtung des Saftstroms. Nur dahin, wo Flüssigkeit verdunstet oder chemisch verbraucht wird, strömt andere Flüssigkeit nach.

5. Für irgend einen rückkehrenden Strom ist daher weder Grund zur Annahme vorhanden, noch auch die Möglichkeit gegeben, da eine mit Flüssigkeit gefüllte Zelle keine Flüssigkeit mehr aufnehmen kann.

6. Es geht also stets ein einziger Saftstrom von den aufnehmenden Zellen bis zu den Zellen, wo die lebhafteste chemische Thätigkeit und die grösste Verdunstung ist, beides trifft in den jüngsten äussersten Theilen der meisten Phanerogamen zusammen. — Dazu kommt noch:

7. Einjährige Pflanzen sterben von Unten nach Oben ab, perennirende Pflanzen unserer Breiten gehen von Unten nach Oben in die chemische Unthätigkeit des Winters über. Bei beiden endet also die Saftbewegung oder doch die lebhaftere Strömung der Sommerzeit in der Weise, dass sich der Saft oder der Ueberschuss zuletzt in die jüngsten äussersten Spitzen zurückzieht und von hieraus entweicht. Bei einjährigen Pflanzen führt diese Flüssigkeit natürlich alle in ihr löslichen Stoffe mit in diese äussersten bis zuletzt ausdünstenden Theile hinein und deshalb wird ein Culturland durch die reif oder doch reifend gemähte Pflanze mehr erschöpft, als durch die grün gemähte, weil im letztern Falle die Hälfte (und vielleicht mehr) der Pflanze und ihrer sämmtlichen nahebei gleichmässig vertheilten Stoffe dem Boden als Stoppel verbleibt. Die reife Pflanze hat dagegen nicht allein dem Boden vielleicht doppelt soviel in der längern Vegetationszeit entzogen, sondern die wichtigsten Stoffe, namentlich Alkalien und unauflösliche phosphorsaure Salze sind auch nicht mehr gleichmässig in der Pflanze vertheilt, sondern fast alle in den obern mit der Ernte entfernten Theilen der Pflanze angesammelt.

Jede Zelle nun assimilirt den Saft, dessen sie sich langsamer oder schneller bemächtigt, ihrer Natur, d. h. dem chemischen Processe gemäss, der durch die Bedingungen ihrer ersten Entstehung in ihr angeregt worden ist, und muss von ihrem Inhalt so viel wieder abgeben, als ihr von andern Zellen endosmotisch entzogen wird. So vertheilt sich die aufgenommene Flüssigkeit durch die ganze Pflanze nach Bedürfniss, d. h. nach den Verhältnissen der einzelnen chemischen Processe. Da die der Luft ausgesetzten Pflanzentheile beständig der Trockenheit, Bewegung und Wärme der Atmosphäre proportional Wasser verdunsten, so werden in ihnen auch die Säfte beständig so concentrirt, dass dadurch der endosmotische Process gegen die andern geschützteren Zellen unterhalten wird, welche Wirkung sich natürlich abwärts bis zur Wurzel fortpflanzt, von welcher fortwährend neue wässerige und noch unassimilirte Flüssigkeiten aufgenommen werden. Wird dieser Strom des rohen Saftes von Unten nach Oben künstlich unterbrochen, so werden die Säfte in dem obern Theile bald auffallend mehr concentrirt und deshalb bildungs- (organisations-) fähiger werden. Das scheint die einfache Thatsache zu sein, welche allen den Erscheinungen zum Grunde liegt, die man für die völlig unbegründete Hypothese eines absteigenden Rindensaftes als Belege anzuführen pflegt. Die beiden wichtigsten sind der sogenannte Zauberring (das Ringeln der Obstbäume) und die Wirkung des Pfropfreises auf das Subject. Löst man von dem Umfang eines Astes oder Baumes einen ringförmigen

Rindenstreifen ab, so trägt er oberhalb reichlicher Blüthen und Früchte, reift letztere schneller, wirft früher seine Blätter ab, und verdickt sich stärker im Holze als unterhalb jenes Schnittes; alles dies erklärt sich vollkommen aus dem Vorhergehenden, ohne dass es im Geringsten nöthig wäre, eine absteigende Bewegung eines eigenen Rindensaftes, der gar nicht existirt, anzunehmen *. Dass aber, wenn das Pfropfreis fortkommt, z. B. der Pflaumenstamm sich nach und nach mit Jahrringen von Aprikosenholz bekleidete, wäre sehr natürlich **, denn aus demselben Boden würde ein Aprikosenbaum nahebei denselben rohen Saft aufgenommen haben als der Pflaumenbaum; aber je nachdem Pflaumenblätter und Zweige oder Aprikosenblätter und Zweige ausdunsten, assimiliren u. s. w., bleibt Pflaumenholz oder Aprikosenholz übrig. Dazu bedarf es noch weniger des fabelhaften Rindensaftes als im vorigen Falle. Es ist in der That völlig überflüssig, die seltsamen Speculationen über die besondern Wege des Rindensaftes, über die Ursachen seiner Bewegung u. s. w. hier weiter zu erörtern. Eine genaue mikroskopische Untersuchung genügt vollkommen, um nachzuweisen, dass hier von irgend einem allgemeinen bildungsfähigen Stoffe im Rindenparenchym gar nicht die Rede sein könne und dass in den Bastzellen meistens Luft, feste harzartige Stoffe oder Milchsäfte vorkommen. Noch weniger ist es der Mühe werth, die ausführlichen Darstellungen über die Bewegung des Rindensaftes von Aussen nach Innen durch die Markstrahlen u. dgl. m., was so ganz rein aus der Luft gegriffen ist, ausführlich zu erörtern; dass Niemand Versuche darüber angestellt und anstellen konnte, versteht sich von selbst; die Beobachtungen ergeben aber, dass die Markstrahlenzellen gewöhnlich einen Inhalt haben, der weder dem des Rindenparenchyms, noch dem des Bastes gleich ist.

Schon im vorigen Paragraphen habe ich über die Bedeutung des Wortes »Drüse« in Bezug auf die Pflanze gesprochen. Hier ist noch ein Verhältniss zu berühren, welches dahin gerechnet werden kann, nämlich die Aussonderung gewisser Substanzen in einen Saftgang, wobei zweierlei noch weiterer Erklärung bedürftig ist; zuerst wodurch eine so grosse Menge von Zellen bestimmt wird, gerade Gummi, oder Gallerte, oder Oel u. s. w. zu bilden und Alles nach diesem Canal hinein auszusondern; zweitens der Process der Aussonderung selbst. Es ist zwar für die einzelne Zelle hier dasselbe Verhältniss, als ob die Wand des Intercellularraums die äussere Fläche der Pflanze wäre, aber was hier Schwierigkeit macht, ist die anscheinende Unmöglichkeit der Wasserverdunstung in einem solchen rings von Wasser umgebenen Saftgange.

Noch weniger deutlich sind uns bis jetzt die viel complicirteren Verhältnisse des Milchsafts der Pflanzen zu den benachbarten Zellen, von denen sie doch ausgesondert sein müssen, aber ohne dass wir bis jetzt die Ursache der Aussonderung, die Art und Weise der Entstehung dieser eigenthümlichen Stoffe, ihr ferneres Verhältniss zu andern Zellen u. s. w. verstehen könnten. Was darüber zu sagen ist, habe ich schon zur Genüge (S. 230) mitgetheilt.

Endlich komme ich noch auf die Aussaugung. Die Thatsache selbst ist jedem aufmerksamen Beobachter bekannt und daher nichts hinzuzusetzen; über die Ursachen der Aufnahme dieser Flüssigkeiten, insbesondere bei den Spiralgefässen, sind wir

---

* Dass der Erfolg des Rindenschnittes ganz derselbe bleibt, wenn man auch den Ast niederbiegt, nicht aber sich umkehrt, wie das doch bei der aufsteigenden Saftbewegung sogleich eintritt, wenn man das obere Ende statt des untern zum einsaugenden macht, ist genügender Beweis, dass kein absteigender Rindensaft existirt; aber seltsamer Weise benutzte man diese Thatsache, um daraus abzuleiten, dass die nicht existirende Bewegung des nicht existirenden Rindensafts von einer andern Ursache als der Schwere, nämlich von der specifischen Lebenskraft, abhängig sei.

** Obwohl in der Allgemeinheit, wie gewöhnlich angegeben, die Thatsache gar nicht wahr ist. (Vergl. §. 203.)

noch völlig im Dunkeln. Ich habe geglaubt, den Vorgang passend mit dem Worte Resorption bezeichnen zu können und habe mich desselben schon früher oft bedient. *Link* macht sich darüber lustig, weil es ja keine resorbirenden Gefässe in den Pflanzen gebe, und glaubt, ich habe hier wohl die Verflüssigung oder organische Schmelzung gemeint*. Diese Einwendung scheint mir stark an die dunkeln physiologischen Vorstellungen des vorigen Jahrhunderts zu erinnern. Dreierlei ist hier zu unterscheiden. Zunächst, wo es sich um feste Gebilde handelt, z. B. geronnenes Blut, plastische Exsudate, Zellen und Zellgewebsmassen, versteht es sich von selbst, dass sie durch chemische Processe erst verflüssigt werden müssen, ehe sie aufgesogen werden können. Hieran haben auch im thierischen Körper die angeblichen absorbirenden (Lymph-) Gefässe nicht den geringsten Antheil, auch liegt darin nicht der Begriff der Resorption, indem diese in einer Entfernung der Flüssigkeit von der Stelle, wo sie sich befindet und einer Aufnahme in die allgemeine Säftemasse besteht. Diese Aufnahme kann nun bei den wirbellosen Thieren gar nicht durch die angeblichen resorbirenden Gefässe geschehen, weil dieselben hier gar nicht vorhanden sind. Bei den Wirbelthieren aber geschieht sie an gar vielen Stellen, z. B. in den Höhlen seröser Häute entschieden auch nicht durch die Lymphgefässe, weil die Flüssigkeiten unmittelbar nur mit Zellen in Berührung sind, also unmittelbar auch nur von diesen aufgenommen werden können. In dieser Aufnahme aber liegt das Wesen der Resorption. Werden endlich drittens die Flüssigkeiten im Organismus, wie bei allen Wirbelthieren, durch Gefässsysteme vertheilt, so geschieht das natürlich auch mit den resorbirten Flüssigkeiten; wenn aber die Flüssigkeitsvertheilung wie bei vielen wirbellosen Thieren und den Pflanzen von Zelle zu Zelle geschieht, trifft das auch die resorbirten Säfte. Diese Säftevertheilung hat aber mit dem Begriffe der Resorption wiederum gar nichts zu thun. Doch auch abgesehen davon, glaube ich, dass der Ausdruck Resorption, Aufsaugung, ganz passend diesen Process bezeichnet, wofür sonst das Kunstwort in der Pflanzenphysiologie fehlen würde. Man braucht ja nicht an die thierische Physiologie zu denken, und selbst dann ist es noch immer viel richtiger, als das Wort Geschlecht (*sexus*), männlich und weiblich u. dergl., Worte, die ohne alle vernünftige Begründung nur vorgefassten Meinungen zu Lieb aus der Zoologie in die Botanik übertragen sind.

E. Fortpflanzung der Gewächse.

§. 204.

Vier Entstehungsweisen einer specifisch bestimmten Pflanze sind denkbar:

1. aus dem spontanen Zusammentreten rein unorganischer Stoffe unter specifisch bestimmter organischer Gestalt;

2. aus der spontanen Bildung einer specifisch bestimmten organischen Gestalt aus formlosen organischen Stoffen;

3. aus der Entwickelung einer von einer bestimmten Pflanzenart abgetrennten organisirten (zelligen) Bildung zu einer davon specifisch verschiedenen Pflanze;

4. aus der Entwickelung von einer bestimmten Pflanzenart abgetrennten organisirten (zelligen) Bildung (Keim im weitesten Sinne) zu einer Pflanze derselben Art.

Die ersten beiden, die sogenannte Urzeugung (*generatio originaria, spontanea, aequivoca* u. s. w.) begreifend, und die dritte finden, soweit Beobachtungen vorliegen, nicht statt. Die vierte ist die allein wirkliche.

---

* *Wiegmann's* Archiv, 1841 Bd. II.

Die Frage nach der Urzeugung ist bis jetzt gewöhnlich sehr unbestimmt gehalten, indem man die beiden unter 1. und 2. getrennten Fragen mit einander vermengte, was offenbar ein grosser Missgriff war; denn es könnte recht wohl aus schon gebildetem organischem Stoffe eine Pflanze hervorgehen, ohne dass deshalb die gegenwärtig auf unserm Planeten herrschende Gesetzlichkeit der Naturprocesse es erlaubte, dass unorganische Substanzen zu organischen Substanzen zusammentreten. Für den ersten Punkt liegt nun bis jetzt durchaus keine Andeutung vor, dass aus unorganischen Stoffen ohne Vermittelung von Organismen sich organische Stoffe bildeten. Was bis jetzt der Chemie gelungen, betrifft nur die Bildung von solchen Stoffen, die schon auf einer Stufe der Rückbildung aus dem Zustande der eigentlichen assimilirten Substanzen in den der unorganischen sich befinden. Nichts desto weniger ist kein Grund vorhanden, zu behaupten, dass es der Chemie nicht auch einmal gelingen werde, wirklich assimilirte Substanzen aus rein unorganischen Stoffen zusammenzusetzen. Bis jetzt ist die Erörterung dieser blossen Möglichkeit aber noch völlig unfruchtbar.

Die Abweisung der beiden anderen Entstehungsweisen einer Pflanze hat aber eine andere Begründung und betrifft die Verständigung über das, was wir Pflanzenart (*species*) nennen. Hier sind bis jetzt nur Erörterungen, nicht wissenschaftlich strenge Begriffsbestimmungen möglich, indem wir von der Zukunft erst über gar viele wichtige Punkte Aufklärung zu erwarten haben.

Zunächst muss ich hier auf das zurückgehen, was ich bereits in der Einleitung über die Möglichkeit der Fortpflanzung gesagt habe. Die Entstehung irgend einer bestimmten Gestalt ist bedingt durch den Stoff, aus welchem sie besteht, und durch die Verhältnisse, unter denen sie sich bildet. Da uns die mathematische Construction der Formenbildung überall noch unerreichbar ist, so schreiben wir die letztere vorläufig dem Bildungstriebe der Erde, als der unbekannten Ursache derselben, zu und nennen den Complex der Bedingungen, unter denen jedesmal eine und dieselbe Gestalt entsteht, einen specifischen Bildungstrieb.

Ich muss hier ferner an das erinnern, was in der Einleitung (37, 2. 44, 5.) und im zweiten Buche (S. 139. ff.), endlich im dritten Buche (2 und 4, §. 66.) über die Bedeutung der Zelle entwickelt worden ist. Die einzelne Zelle an sich, wenn sie auch fortvegetirt und alle möglichen Stufen des Zellenlebens durchläuft, kann nämlich, wenn auch als vegetabilische Form im Allgemeinen bestimmt, doch nicht als bestimmte Art den anderen einfachen Pflanzen an die Seite gestellt werden, und wenn man die *Schwann*'sche Parallele zwischen Zelle und Krystall auch nicht unterschreiben will und zur Zeit noch für völlig unbegründet erklärt, so ist in dieser geistreichen Exposition doch immer die nicht wegzuleugnende Möglichkeit nachgewiesen, dass es der Naturwissenschaft einmal gelingen könne, die Zelle ebenso als nothwendige Form des gesetzmässig entstehenden relativ festen Zustandes eines permeablen (assimilirten, organischen) Stoffes auffassen zu lernen, wie es der Krystall für die impermeablen (unorganischen) Stoffe ist. Dann aber würden alle als einzelne einfache Zellen entstehenden und fortvegetirenden Organismen nur bestimmte Arten organischer Krystallisation sein und von ihnen bis zu bestimmten Pflanzenarten, d. h. bis zur Verknüpfung dieser organischen Krystallformen zu einer specifisch bestimmten Gestalt, bliebe ein grosser Schritt, der uns immerhin berechtigte, jene als eigene Classe zwischen Krystalle einerseits und die Pflanzen und Thiere andrerseits einzuschalten. Es würde für sie jedenfalls ein anderes und einfacheres morphologisches Gesetz gelten, als für die Bildung der Pflanzen und Thiere, die erst aus ihnen zusammengesetzt sind.

Fragen wir ferner nach dem charakteristischen Merkmale des Begriffes »Art« bei organischen Wesen, so kann uns nur folgende Betrachtung leiten. Das Gesetz der Specification ist eigentlich subjectiven Ursprungs; in der Art und Weise, wie sich nothwendig unsere Begriffe und Abstractionen bilden, liegt der Grund, weshalb wir nach allgemeinen Merkmalen, Arten und Geschlechter als Gegenstände unserer geistigen Thätigkeit festhalten müssen, und denkend niemals zum Einzelwesen kommen

können, welches nur anschaulich durch die bestimmte Eingrenzung in Raum und Zeit durch das »hier« erkannt wird. Dieses subjectiven Ursprungs wegen würde aber das Gesetz der Specification für unsere wissenschaftliche Naturerkenntniss ohne alle Bedeutung bleiben, wenn uns nicht die Natur entgegenkäme und der subjectiven Auffassungsweise durch die Erfahrung objective Gültigkeit verschaffte. Am einfachsten zeigt sich uns dies bei der Specification der Grundstoffe, die alle discret nach Artunterschieden neben einander liegen und durch die tausend verschiedenen möglichen Erscheinungsweisen der Einzelwesen Einer Art nie in eine andere übergeführt oder ihr auch nur genähert werden. Welche unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen als Einzelwesen zeigt z. B. der reine Schwefel oder der reine Kohlenstoff, aber nicht eine einzige Modification ihrer Eigenschaften verändert die Merkmale, wodurch sie als Schwefel, als Kohlenstoff bestimmt sind in der Weise, dass sie etwa dem Selen, oder dem Eisen sich als Uebergang annäherten. Aehnlich, obwohl schon wegen der complicirteren Verhältnisse zur Zeit noch weniger scharf von uns zu fassen, finden wir das Gesetz der Specification bei den Krystallen ausgesprochen. Hier leiht uns die Mathematik ihre scharfen Bestimmungen. Aber bei den Organismen verlässt uns unsere Fassungskraft, und es gelingt nur den verwickeltsten Inductionen, das Gesetz auch hier geltend zu machen. Und doch liegt für die Anwendung desselben die unabweisbare Nothwendigkeit vor, in der Unmöglichkeit einer Wissenschaft ohne dasselbe. Das Individuum ist vergänglich und mithin Alles, was allein von ihm gilt; es ist nur anschaulich für jeden Einzelnen zu erfassen und nicht durch Begriffe mittheilbar; die Wissenschaft aber ist bedingt durch die Andauer ihres Objects, weil davon ihre allmälige Entwickelung, also ihre Wirklichkeit abhängt, und durch die Mittheilbarkeit ihres Inhalts, weil sie aufhört, Wissenschaft und fortbildungsfähig zu sein, wenn sie im einzelnen Menschen beschlossen bleibt, also mit ihm untergeht. Wir müssen hier also auf irgend eine Weise selbst mit dem Bewusstsein, dass es nur eine vorläufige Aushülfe sei, dieser Anforderung an die Anwendung des Gesetzes der Specification Genüge leisten.

Die schärfste Bestimmung des Artbegriffs wäre eigentlich folgende: »Zu Einer Art gehören alle Individuen, die, abgesehen von Ort und Zeit, unter völlig gleichen Verhältnissen auch völlig gleiche Merkmale zeigen«. Es ist uns aber für die wenigsten Fälle vergönnt, dieses Princip der Artbestimmung geltend zu machen, am allerwenigsten aber bei den Organismen, bei denen die Bedingungen ihrer Existenz so mannigfaltig und verwickelt sind, dass wir sie niemals alle beherrschen und daher niemals völlige Gleichheit der Verhältnisse herstellen können.

Halten wir auch hier die in der Einleitung entwickelte Wichtigkeit der Entwickelungsgeschichte als Princip der Botanik fest, so können wir den Begriff der Pflanzenart nur darin suchen, dass in der Zeitfolge eine gewisse Gruppe von Merkmalen sich constant und gleich erweise; diese Constanz muss aber bei den Pflanzen sich über das nicht andauernde Individuum, also durch mehrere Generationen, fortsetzen; was daher nicht nach seiner Abstammung von anderen Individuen erkannt werden kann, ist auch gar nicht als Pflanzenart zu bestimmen, und deshalb fällt Alles, was durch Urzeugung und selbst durch einmalige sich nicht in folgenden Generationen wiederholender Zeugung entsteht, nicht unter den Begriff einer Pflanzenart, obschon es anderweitig als Naturkörper auch seine specifische Bestimmung finden muss.

Die Bestimmung, ob etwas Art sei oder nicht, wird aber noch lange die schwierigste Aufgabe in der Botanik bleiben. Hätten wir die vollständige Kenntniss der Pflanze und der Gesetze ihrer morphologischen Entwickelung in unserer Gewalt, so würden wir unsere Eintheilungen nach Theilungsgründen, die sich mit Nothwendigkeit aus dem Begriffe der Pflanze ableiten liessen, von Oben beginnen und so weit herab verfolgen können, bis wir aus eben jenen Gesetzen erkennten, dass wir bei der Grenze wissenschaftlicher Auffassung der Individuen, also beim Artbegriff, angekommen seien. Die Lösung dieser Aufgabe wird aber noch für lange Zeit eine unmögliche

bleiben. Jeder andern Bestimmung der Arten stellen sich aber ebenfalls unendliche Schwierigkeiten, die aus der Natur der Pflanze hervorgehen, entgegen. Insbesondere ist es die Selbstständigkeit des Zellenlebens und das Princip, welches der Fortpflanzung zum Grunde liegt (vergl. den nächsten Paragraphen), welches uns hier störend in den Weg tritt. Da das Leben der Zelle unabhängig ist von der morphologischen Verknüpfung, unter welcher sie erscheint, so kann eine Form, welche offenbar nur eine vorübergehende Bildungsstufe ist, lange andauern, weil die Bedingungen zu ihrer vollständigen Entwickelung fehlen, und sind letztere sehr verwickelt, so kann diese Form sogar in grösserer Individuenzahl sich finden als die ganz entwickelte Pflanze; da ferner die Grundlage der Fortpflanzung auf der Fähigkeit der einzelnen Zelle, sich nach demselben morphologischen Gesetz zu entwickeln, welches für die Pflanze gilt, der sie angehörte, beruht, so kann eine solche vorübergehende Bildungsstufe sich fortpflanzen durch eine einzelne aus dem Verbande austretende Zelle, der zwar auch das Vermögen zukommt, sich zur vollständigen Pflanze zu entwickeln, welches Vermögen aber bei ihr wegen der ebenfalls häufig mangelnden Bedingungen eben so wenig zur vollkommenen Ausübung kommt. So können ganze scheinbar selbstständige Familien von Pflanzen für eine Zeitlang bei unseren Forschungen auftreten, die doch völlig unselbstständige Formen sind. Man nehme nur an, die Raupen und Maden hätten schon die Fähigkeit, sich fortzupflanzen, und ihre Entwickelung zu vollkommenen Insecten wäre dabei an sehr selten zusammentreffende Bedingungen geknüpft, würden sie nicht lange Zeit als eigene Familie in der Zoologie aufgeführt sein? Dazu kommt, dass Formenbildung das die Pflanzenwelt beherrschende Princip ist; die constanten (wesentlichen) Merkmale, nach denen wir Arten bestimmen, sind nothwendig morphologischer Natur. Wir haben aber noch lange nicht einmal die empirische Auffassung der vegetabilischen Morphologie vollendet, an eine morphologische Naturgesetzgebung ist noch gar nicht zu denken, gleichwohl liesse sich nur aus den morphologischen G e s e t z e n entwickeln, was wesentliches Merkmal ist, was nicht; und so tappen wir mit unseren Versuchen stets im Dunkeln. Der glückliche Griff des Genies ist hier allein unser Führer. Wo uns also nicht lange ausdauernde Beobachtungen einer Tausende umfassenden Individuenzahl, lange Culturversuche u. s. w. eine inductorische Grundlage gegeben haben, sind wir durchaus dem Zufalle Preis gegeben, und nur Kinder können sich darüber streiten, ob eine noch unzulänglich untersuchte Pflanze eine Art, eine Unterart oder eine Varietät sei. Dass aber mit solchen Narrheiten eine Menge Zeit und Papier verschwendet wird, ist nur zu bekannt. Wichtig für die Fortbildung der Wissenschaft bleibt vorläufig nur so viel, dass wir jede vorkommende Verschiedenheit, die sich noch beschreibend wiedergeben lässt, festhalten und möglichst gründlich charackterisiren, ob das aber eine Art, Unterart oder Varietät begründe, ist der weiter fortgebildeten Wissenschaft zur Entscheidung anheim zu stellen. Jedes Princip der Artbestimmung ist in den meisten einzelnen Fällen zur Zeit noch von unmöglicher Anwendung, und jeder Streit ist lächerlich, bei dem man sich im Voraus sagen kann, dass er kein Resultat haben könne, weil es an Entscheidungsnormen fehlt.

Nun scheint es allerdings für Eine Zellenart wenigstens höchst wahrscheinlich zu sein, dass sie sich nicht durch Abstammung von anderen mittelst eines organischen Keims entwickelt, sondern unmittelbar aus zwar organischen, aber formlosen Stoffen, nämlich für die Gährungszellen (vergl. S. 139). Diese würden nach vorstehender Erörterung weder als Pilze, noch überhaupt als bestimmte Pflanzenart anzusehen sein, sondern als organische Krystallisationen. Ob es mehr dergleichen giebt, ob namentlich die *Protococcus*-Arten hierher gehören oder nicht, lässt sich zur Zeit noch nicht ausmachen.

Diese Erörterung war für die richtige Auffassung der Thatsachen nothwendig; ob übrigens Einer Vergnügen daran finden will, die Entstehung der sogenannten Gährungspilze *generatio aequivoca* zu nennen oder nicht, ist sehr gleichgültig und

der Streit darüber müssig. Für die wissenschaftliche Betrachtung der Pflanzenwelt bleibt uns bei gegenwärtigem Stande unserer Kenntnisse nur die vierte Entstehungsweise einer Pflanze zu betrachten übrig.

§. 205.

Die Selbstständigkeit und Fortpflanzungsfähigkeit der Zelle ist die Grundlage für die Fortpflanzung der Gewächse. Dem Vermögen nach kann jede einzelne lebendig vegetirende (parenchymatische) Zelle (oder eine Gruppe solcher Zellen) aus dem Verband einer Pflanze heraustreten und neue Zellen bilden, die sich dann wieder demselben morphologischen Gesetze gemäss, welches für jene Pflanze galt, zu einer neuen Pflanze anordnen. Der Wirklichkeit nach sind aber die Bedingungen sehr verschieden, die stattfinden müssen, damit eine Zelle selbstständig werden und zur neuen Pflanze sich heranbilden kann. Danach erhalten wir denn verschiedene Arten der Fortpflanzung bei den Gewächsen, wozu noch eine besondere Art für die erste Abtheilung der Pflanzen (die Angiosporen) hinzukommt.

1. Bei den Angiosporen, Algen, Flechten und Pilzen giebt es keine morphologisch bestimmten Theile der Pflanze; der ganze specifische Bildungstrieb, aus dem sie hervorgehen, ist in jedem einzelnen Stückchen vollständig vorhanden und ausgedrückt. Diese Pflanzen können sich daher durch zufällige oder gesetzmässig vor sich gehende Theilung fortpflanzen. Jedes Stück wird zum neuen Individuum. Die zufällige Theilung findet gar häufig bei Flechten (durch Absterben und Zerstörung des Centrums) und bei Algen statt. Die gesetzmässige Theilung kenne ich bis jetzt nur bei dem Algengeschlecht *Spirogyra* *.

2. Das aufgestellte allgemeine Gesetz beweisend kann unter dem Zusammentreffen uns noch unbekannter Begünstigungen in vielen Zellen eines lebendigen Parenchyms (eines Blattes) ein selbstständiger Entwickelungsprocess auftreten, woraus neue Pflanzen hervorgehen. Beobachtet wurde dies an *Malaxis paludosa* **, *Ornithogalum thyrsoides* ***, *Ranunculus bulbosus* ****, *Scilla maritima* †, *Eucomis regia* ††, *Hyacinthus orientalis* †††.

3. Sichtbar einfache lebendig vegetirende Zellen trennen sich aus dem Pflanzenverbande (die Staubhäufchen [*soredia*] bei den Flechten [S. 283]), oder erheben sich über die Oberfläche der Pflanze, bilden sich zu einem kleinen, wenigzelligen Körper um und trennen sich dann von den Pflanzen (bei Lebermoosen und Moosen [S. 296, 302]). Aus diesen Zellen und zellenartigen Körperchen entwickelt sich dann frei eine neue Pflanze.

4. An bestimmten Stellen abfallender oder abgebrochener Blätter entwickeln sich in oder auf feuchter Erde oder im Wasser regelmässig Knospen, die nach allmäliger Zerstörung des Blattes zu selbstständigen Pflanzen werden; so an der Trennungsfläche der Blätter von *Echeveria*, *Crassula*, *Citrus* u. s. w., an kleinen Wärzchen der Blätter von *Cardamine pratensis* *†.

---

* *Wiegmann's* Archiv, 1839. B. I. S. 286.

** *Henslow*, *Annales des sciences nat. XXI*, 103.

*** *Poiteau*, *Ann. d. sc. nat. XXV*, 21.

**** *Dutrochet*. *Nouv. Ann. du Musée*, 1835, *p.* 165, nach *Meyen*, Physiol. III. 47.

† *Guettard*, *Mém. s. diff. p. d. Sc. I*, 99, nach *Treviranus* Physiol. II, 624.

†† *Hedwig*, Kl. Abh. II, 128, nach *Treviranus* a. a. O.

††† *Meyen* a. a. O.

*† *Cassini*, *Journal de Physique*, *T. LXXXII. p.* 408. *J. Münter* in der bot. Zeitung von *Mohl* und *Schlechtendahl*, 1845.

5. Nach Verletzungen von Pflanzentheilen, z. B. der Blattnerven, des Stammes, oder nach eigenthümlichen inneren, ähnliche Verhältnisse hervorrufenden Veranlassungen bilden sich an den Wundrändern oder jenen eigenthümlich veränderten Theilen die Nebenknospen in verschiedenen Formen, z. B. an den geknickten Blattnerven von *Gesneria*, an den Wundrändern der Baumstämme, an wulstigen Auftreibungen des Holzes (sogenannten Masern) u. s. w., an der Trennungsfläche der knollenförmigen Wurzelspitze bei *Tropaeolum tricolorum, brachyceras, azureum, violaeflorum**. Natürlich oder künstlich von der Mutterpflanze getrennt, bilden sich diese Knospen zu neuen Pflanzen aus.

6. An unbestimmten, selten an bestimmten Stellen der noch mit der Pflanze in Verbindung stehenden Blätter entwickeln sich zuweilen Knospen, häufig Knollen in verschiedenen Formen, die nach Trennung des Blattes von der Pflanze zu selbstständigen Pflanzen heranwachsen; so bei *Bryophyllum calycinum* in den Kerben des Blattrandes, bei vielen Aroideen und Farnkräutern auf der obern oder untern Fläche, besonders häufig in den Winkeln der Blattnerven.

7. In der Achsel der Keim- und Stengelblätter bilden sich gesetzmässig eine oder mehrere Knospen in ganz bestimmten Formen, die, von der Pflanze getrennt, zu neuen Individuen werden können.

8. Alle Pflanzen bilden in morphologisch bestimmten Organen auf gesetzmässige Weise Zellen, welche ausschliesslich nur dazu bestimmt sind, zu neuen, selbstständigen Individuen zu werden, indem sie sich nach den drei Formen des Entwikkelungsprocesses bei Kryptogamen, Rhizocarpeen und Phanerogamen ausbilden, = Fortpflanzungszellen (Sporen und Pollenkörner).

Die vorstehenden acht Fortpflanzungsarten lassen sich auf vier Classen zurückführen. 1. Die nur den Angiosporen zukommende Fortpflanzung durch beliebige Theilung (1). 2. Die bei den Angiosporen und wurzellosen Gymnosporen vorkommende Fortpflanzung durch einzelne Parenchymzellen (3). 3. Die den Gymnosporen allein zukommende Bildung von Knospen (4—7. §. 133 ff.). 4. Die allen Pflanzen zukommende Bildung von Fortpflanzungszellen (8).

Wenn man das festhält, was über die Fortpflanzung der einzelnen Zelle und über den Wachsthumsprocess gesagt worden ist, so folgt daraus schon, dass jede Zellgewebsmasse, unter welcher Gestalt sie auch sich zeige, also auch die ganze Pflanze ihrem Ursprunge nach aus einer einzelnen Zelle, aus deren Fortpflanzung durch mehrere Generationen das Zellgewebe eben hervorging, sich ableiten lassen muss, und für die verschiedenen Arten der Fortpflanzung kann es daher nur darauf ankommen, zu bestimmen, in welchem Verhältnisse die einzelne Zelle zur ganzen Pflanze steht und welcher Bedingungen sie bedarf, um sich zu einem neuen Individuum entwickeln zu können. Je weniger die Pflanze in morphologisch bestimmten Formen abgeschlossen ist, je weniger beschränkend also auch der die sämmtlichen Zellen zu einer ganzen Pflanze zusammenhaltende Bildungstrieb ist, um so selbstständiger muss daher auch das Zellenleben auftreten, um so leichter kann sich der einzelnen Zelle der Bildungstrieb mittheilen, welcher das Product ihrer Vervielfältigung wieder in die vagen Umrisse der Mutterpflanze anordnet; je mächtiger dagegen das Bestimmende des Bildungstriebes gegen die Selbstständigkeit des Elementarorgans sich geltend macht, je mannigfaltiger und eigenthümlicher die Formen sind, in welchen das Specifische einer Pflanze sich ausprägt, um so inniger und dauernder muss auch der Einfluss sein, welchen die ganze Pflanze auf die einzelne Zelle und ihre Entwickelung zur

* *J. Münter* in d. bot. Zeit. von *Mohl* und *Schlechtendahl*, 1845. Sp. 593 ff.

neuen Pflanze ausübt, damit diese völlig unter der Herrschaft desselben Bildungstriebes bleibe und ein treuer Abdruck seines Typus sei. Deshalb ist bei der einfachsten Pflanze, dem *Protococcus viridis*, welche nur das zugleich als Art (?) selbstständige Elementarorgan ist, jede Bildung einer neuen Zelle auch Fortpflanzungsact und die neue Zelle bedarf, um der Art treu zu bleiben, nichts als der ungehinderten Entwickelung des allgemeinen Zellenlebens überhaupt. Bei den zwar noch immer unbestimmten Formen der Angiosporen (in denen aber doch das individuelle Leben der Zelle schon einem anordnenden Bildungstriebe unterworfen ist) trennen sich zuerst die zwei Arten der Fortpflanzung durch eine beliebige, aus dem Verbande austretende Zelle und durch eine Zelle, die unter bestimmter Form des Bildungsprocesses entstanden, ausschliesslich und nothwendig der Fortpflanzung dient. Hier finden wir eine fortlaufende Reihe von der fast gänzlichen Identität beider Vorgänge (in der Bildung einer beliebigen Zelle) bei den einfachsten Algen, bis zu einer von der gewöhnlichen Fortpflanzung der Zelle durch eigenthümliche Erscheinungen wesentlich verschiedenen Erzeugung der bestimmten Fortpflanzungszelle bei den Flechten. Bei den Moosen und Lebermoosen zeigt der Bildungstrieb schon eine enger begrenzte Gesetzlichkeit in der Erscheinung von Axe und Blatt und in den complicirteren Formen der übrigen Organe. Hier hört daher die erste Art der Fortpflanzung völlig auf, in der Weise sich zu zeigen, dass eine einzelne Zelle aus dem Individualitätsverbande der Pflanze herausgetreten frei zur neuen Pflanze werden könne. Die sich isolirende Zelle muss vielmehr erst im Zusammenhange mit der Mutterpflanze, also noch unter der Herrschaft des specifischen Bildungstriebes, sich bis zu einer gewissen Stufe entwickeln, um im Stande zu sein, die Gesetzlichkeit desselben Bildungstriebes in's neue selbstständige Leben mit hinüber zu nehmen. Sie bildet sich zu einem kleinen zelligen Körperchen aus und erst dieses trennt sich von der Mutterpflanze; so bei *Mnium androgynum*, *Marchantia polymorpha* u. s. w. Von dieser Stufe an aufwärts hört in der Pflanzenwelt der Process der Fortpflanzung durch eine sich gleich anfänglich absondernde Pflanzenzelle ganz auf und an seine Stelle tritt die sogenannte Knospenbildung. Hier stossen wir nun auf eine wesentliche, noch unausgefüllte Lücke in unseren Untersuchungen, die sich vorläufig nur hypothetisch ausfüllen lässt. Die Analogie lässt uns nämlich hier folgenden Vorgang vermuthen. Eine Zelle des Parenchyms wird durch Bildung neuer Zellen, ohne sich über die Fläche der Pflanze isolirt zu erheben, die Veranlassung zur Entstehung einer Zellgewebsmasse, die im engen Verbande mit der Pflanze, bis jetzt noch kaum von dem übrigen Parenchym zu unterscheiden ist, gleichwohl aber schon eine eigene Individualität repräsentirt und, sowie sie ganz unter Herrschaft des specifischen Bildungstriebes entstanden ist, sich auch noch ferner beständig abhängig von der Mutterpflanze und ihrem Bildungstriebe conform zu einer Pflanzenanlage, zu Axe und Blatt, mit einem Worte, zur Knospe ausbildet. Welchem Theile der Pflanze die erste Zelle angehörte, ist dabei gleichgültig, und nach den möglichen Verschiedenheiten sind nur die Bedingungen verschieden, die die Entwickelung der Zelle zur Pflanze bestimmen. In den Blattachseln sind diese Bedingungen gesetzmässig immer vorhanden, in der Basis der Blätter häufig, seltener in der Fläche derselben und in den verholzten Axenorganen, noch seltener in der noch krautartigen (einjährigen) Axe; am allerseltensten in den Blüthentheilen. Hier fehlt es nun an genauen Untersuchungen der Bildungsprocesse, welche der Erhebung der Knospe über die Fläche der Pflanze vorausgehen, und nur durch eine genaue Kenntniss derselben würden wir in den Stand gesetzt sein, zu unterscheiden, ob sich die Sache wirklich so verhält, wie ich sie eben vermuthungsweise vorgetragen, wodurch sie sich an die oben entwickelte Reihe als letzte Stufe anschliessen würde, oder nicht.

Wir müssen hier aber noch eine andere Reihe verfolgen, nämlich die Entwickelung der gesetzmässig gebildeten und von vorn herein für die Entwickelung zur neuen Pflanze bestimmten Fortpflanzungszelle (Spore, Pollenkorn). Bei den einfachsten

Algen ist, wie bemerkt, dieser Vorgang von dem im Anfange der vorigen Reihe fast gar nicht zu unterscheiden. Auf die einfachste Weise bildet eine Pflanzenzelle eine Brutzelle, die nach der Zerstörung der Mutterzelle isolirt sich zur neuen Pflanze entwickelt. Bei den übrigen Angiosporen ist der Bildungsprocess der Fortpflanzungszelle schon an eine eigenthümliche Gesetzmässigkeit gebunden, die auf ihre Natur einen bestimmten Einfluss ausüben muss. Bei den Flechten zuerst zeigen sich schon bestimmte Andeutungen von einer eigenthümlichen Absonderungsschicht, welche die Fortpflanzungszelle einhüllt und, wie nicht undenkbar ist, sie gegen äussere Einwirkungen, die auf die Form ihres Entwickelungsprocesses Einfluss haben könnten, schützt. Auch darin wird eine neue Bedingung zu ihr hinzugebracht, welche für alle Pflanzen der folgenden Classen, mit Ausnahme der unter Wasser blühenden, Gesetz bleibt. Bis zu den Rhizocarpeen tritt nun zwar die Fortpflanzungszelle (Spore) ohne Weiteres aus dem Verbande der Pflanze und bildet sich zum neuen Individuum um, aber von den Laubmoosen aufwärts finden wir doch, dass die Entstehung derselben immer bestimmter an die morphologische Gesetzlichkeit der Pflanze gebunden wird, in immer bestimmterer Abhängigkeit von dem specifischen Bildungstriebe entsteht, indem sie ausschliesslich an die Bildung des Blattes geknüpft wird. Nun tritt aber von den Rhizocarpeen an ein neues Moment hinzu, indem nicht mehr allein die Bildung der Fortpflanzungszelle, sondern selbst die erste Entwickelung derselben unter den Einfluss der Mutterpflanze und ihres specifischen Bildungstriebes gestellt ist. Hierbei zeigen sich noch zwei Stufen, die Rhizocarpeen und Phanerogamen, indem bei den Ersteren der Einfluss auf die Entwickelung des Pollens nur ein mittelbarer ist, indem die Saamenknospe sich schon von der Mutterpflanze getrennt hat, bei den Phanerogamen dagegen mit derselben in lebendigem Zusammenhange verharrt, wodurch die sich entwickelnde neue Pflanze um so länger und inniger von dem specifischen Bildungstriebe der Mutterpflanze abhängig bleibt. So sehen wir auch hier, so wie die specifischen Bildungstriebe den Organismus in immer engere Grenzen der Gesetzlichkeit einschliessen, auch die von der Mutterpflanze gegebenen Bedingungen immer complicirter werden, unter denen sich die Fortpflanzungszelle entwickeln muss, damit ihr vollständig die Bedingungen zu einer gleichartigen morphologischen Entwickelung mitgetheilt werden und sie als neues Individuum denselben Bildungstrieb wie die Mutterpflanze repräsentire.

Die verschiedenen, gewöhnlich aufgeführten Vermehrungsarten der Gewächse habe ich im Paragraphen nach den leicht aufzufassenden allgemeinen Gesichtspunkten unter vier Abtheilungen gebracht; diese lassen sich wieder folgendermaassen wissenschaftlich anordnen:

A. Sobald die Pflanze in allen ihren Theilen nach einem und demselben Entwickelungsprincip gebildet wird, ist jeder Theil die ganze Pflanze und kann daher durch einfache Trennung von der Pflanze ein neues selbstständiges Individuum werden. Vermehrung der Pflanze durch Theilung.

B. Wenn aber in der Pflanze das Entwickelungsgesetz wesentlich verschiedene Erscheinungsweisen zeigt, so dass ein Pflanzentheil, dem eine jener Erscheinungen abgeht, eben nicht als ganze Pflanze, als Ausdruck des gesammten Entwickelungsgesetzes auftritt, da ist Theilung unmöglich, die Pflanze wird auch dem Wortsinne nach ein Individuum. Dies gilt für die einfache Pflanze unter den Gymnosporen, an welcher Axe und Blatt wesentlich als zwei verschiedene Entwickelungsprocesse zum Begriff der ganzen Pflanze gehören. Hier kann sich die Pflanze nur auf die Weise vermehren, dass einem Elementartheile, einer Zelle, auf irgend welche Weise die Eigenschaft mitgetheilt wird, auch isolirt die Gesammtheit des Bildungsgesetzes zu repräsentiren. Derselbe Vorgang muss aber neben der Zufälligkeit der Theilung auch gesetzmässig den Angiosporen zukommen, und diesen Process nennen wir im Gegensatz zur Theilung = Fortpflanzung, die also allen Pflanzen zukommt. Diese Fort-

pflanzung findet sich aber nun wieder in doppelter Weise nach den beiden eben vorher entwickelten Reihen.

a. in der Entwickelung irgend einer beliebigen lebendigen Zelle zu einem neuen Individuum unter sehr verschiedenen Bedingungen = unregelmässige Fortpflanzung;

b. in der Entwickelung einer ausschliesslich für diesen Zweck gebildeten Fortpflanzungszelle = regelmässige Fortpflanzung. Diese letztere aber zerfällt nach den Bedingungen, unter welchen sich die Fortpflanzungszelle entwickelt, in zwei Abtheilungen, indem

1. nur die Entstehung der Fortpflanzungszelle in der Abhängigkeit von der Mutterpflanze vor sich geht = geschlechtslose Fortpflanzung, bei den Kryptogamen, oder

2. auch die erste Entwickelung der Fortpflanzungszelle zum neuen Individuum unter die Bedingung eines materiellen Einflusses der Mutterpflanze gestellt ist. Diese letztere nennen wir geschlechtliche Fortpflanzung; sie findet sich nur bei Rhizocarpeen und Phanerogamen. Dieses und nur dieses ist die Bedeutung des Wortes Geschlecht bei den Pflanzen, und alle Vergleiche mit den (höheren) Thieren sind hier hinkend und unwissenschaftlich. Einen Ausdruck bedürfen wir aber für dieses Verhältniss in der Pflanzenwelt und deshalb möchte ich das Wort Geschlecht mit *Valentin* nur dann verbannen, wenn zu fürchten ist, dass man sich von angelernten Vorurtheilen nicht losmache und mit dem Worte auch die demselben bei den Thieren eigne Bedeutung einschwärzt. Theilt man das Geschlecht in ein männliches und ein weibliches, so können wir nach der Analogie mit den Thieren, von denen dieser Ausdruck nun einmal entlehnt ist, nur dasjenige Organ das weibliche nennen, welches die materielle, organisirte (zellige) Grundlage hergiebt, welches sich zum neuen Individuum entwickelt. Will man daher die Ausdrücke für die Rhizocarpeen und Phanerogamen beibehalten, so kann man nur das Pollenkörner enthaltende Säckchen der ersteren, die Anthere der letzteren das weibliche Organ nennen.

Als höchst wichtige, noch zu lösende Aufgabe ist hier zu nennen die vollständige Entwickelungsgeschichte der Knospe aus der einzelnen Zelle oder Zellengruppe, die ihr den Ursprung giebt. Hier ist bei den Axillarknospen für's Erste wenig zu hoffen, da diese sich so früh bilden, dass schon das Zellgewebe selbst, in welchem sie entstehen, der Untersuchung alle möglichen Schwierigkeiten in den Weg legt. Dagegen liesse sich theils bei *Bryophyllum calycinum*, theils bei der Entstehung der Nebenknospen an Stämmen* (wo man sie künstlich hervorrufen kann) an eine Lösung dieser Aufgabe, aber durch sehr geduldige Untersuchungen denken.

§. 206.

Jeder specifische Bildungstrieb, insbesondere in der organischen Welt, gestattet die Möglichkeit, dass einige Merkmale der unter den Artbegriff fallenden Einzelwesen, die wir eben deshalb als unwesentliche Merkmale bezeichnen, innerhalb gewisser Grenzen veränderlich seien. Die endliche Entscheidung über Wesentlichkeit und Unwesentlichkeit der Merkmale lässt sich aber dann erst geben, wenn uns die Construction aller Gestaltungsprocesse gelungen sein wird. Man hat bisher geglaubt aussprechen zu können, dass die regelmässige Fortpflanzung nur die wesentlichen Merkmale wieder hervorbringe, die unregelmässige dagegen auch die unwesentlichen. Das ist im Allgemeinen falsch. Es kommt hier auf die Eigenheiten der einzelnen Pflanzen an, in wie weit diese in ihren Merkmalen überhaupt veränderlich sind und in wie fern sie Neigung haben, auch unwesentliche Merkmale durch

* Einen noch sehr unvollständigen Anfang hierzu lieferte *Trecul sur l'origine des bourgeons adventifs. Ann. d. Sciences Novemb.* 1847.

Fortpflanzung auf die neuen Individuen zu übertragen. Abgesehen davon, lässt sich die allgemeine Regel nur so aussprechen: je länger und je inniger das sich neu bildende Individuum mit der Mutterpflanze vereinigt war, um so mehr wird der ihm eingeprägte Bildungstrieb auf Hervorbringung ganz gleicher, auch unwesentlicher Merkmale gerichtet sein. Daraus ergiebt sich für die verschiedenen Arten der Vermehrung die Folgerung, dass unter übrigens gleichen Umständen die Theilung und die Knospenbildung Individuen geben müssen, die der Mutterpflanze am meisten in allen Merkmalen gleichkommen; Knospen um so gleichere, je weiter sie sich noch in organischer Verbindung mit der Mutterpflanze entwickelt haben, endlich die regelmässige Fortpflanzung um so gleichere Individuen, je weiter die Ausbildung des Embryo unter dem Einflusse der Mutterpflanze fortgeschritten ist.

Endlich ist für die Phanerogamen, Rhizocarpeen und mit einer Wurzel versehenen Agamen noch zu bemerken, dass die Knospe als von einer Seite organisch mit der Mutterpflanze verbunden niemals eine ächte Wurzel, sondern nur Nebenwurzeln entwickeln kann.

Die bisherige Physiologie, ja man kann beinahe sagen, die ganze bisherige Botanik, hat sich nur an den Phanerogamen und nicht an den Pflanzen im Allgemeinen entwickelt, und so sind denn auch die übrigen Pflanzen stets entweder ganz vernachlässigt, oder beiläufig nach einigen übel angebrachten Analogien abgefertigt worden. Man findet daher auch in der Lehre von der Fortpflanzung ganz schlendrianmässig das Ganze auf die gewöhnlicher in die Augen fallende Fortpflanzung durch Saamen und durch Knospen beschränkt. Wie eng man sich dadurch den Horizont begrenzt, hat der vorige Paragraph entwickelt. Hier ist aber noch ein Punkt zu berühren, den man ebenfalls an die ziemlich oberflächliche Betrachtung der Knospen und Saamen anknüpft. Man findet gar oft die Rede: »Der Saame pflanzt die Art fort, die Knospe das Individuum«. Der gründliche Unterricht, den wir in der Jugend in der lateinischen und griechischen Sprache erhalten, hat uns längst den Ruhm zu Wege gebracht, dass der deutsche Gelehrte nichts schlechter verstehe als seine eigne Muttersprache, und das zeigt sich auch hier. Wachsen heisst die organische Vergrösserung eines gegebenen Individuum. Das Individuum pflanzt sich fort, wenn durch einen organischen Process, dessen Bedingungen von ihm gegeben sind, ein neues Individuum entsteht. Die Art ist ein Begriff, der sich als Abstractum gar nicht fortpflanzen und nicht fortgepflanzt werden kann*. Entsteht aber durch Fortpflanzung eines Einzelwesens ein neues Einzelwesen, so wird der Artbegriff als ein bedeutungsvoller erhalten, weil wieder concrete Gegenstände vorhanden sind, die in seine Sphäre fallen. Die obige Rede hat also gar keinen Sinn. *Link*** hat nun gemeint, die Sache feiner zu fassen, wenn er sagt: »Der Saame setzt die Art, die Knospe das Individuum fort«. Ich kann mir den Schöpfer nicht wohl als Journalisten denken, der seine Werke blattweise in einzelnen Fortsetzungen herausgiebt. Die Wissenschaft weist nach, dass ein Baum ein Aggregat vieler Individuen sei, wie ein Polypenstock; das Leben nennt ihn Ein Individuum von einem andern Artbegriff ausgehend; aber für $\frac{1}{1000}$ Individuum erklärt ihn weder Wissenschaft noch Leben. Ich meine, der gesunde Menschenverstand wird es immer lächerlich finden, wenn man ihm zumuthet, die 2000 Pappeln einer meilenlangen preussischen Chaussee für Ein fortgesetztes Individuum anzusehen, und noch weniger wird er es begreifen, dass ein spannenlanger, einjähriger Schössling einer Trauerweide eigentlich ein fortgesetzter 200jähriger Greis sei, der, bei seiner schnellen Abreise aus dem Orient, seine Jugendzeit am Euphrat liegen liess, wo sie lange schon gestorben und verfault ist, während sein Mannesalter, anfänglich von *Alexan-*

* Ausser in bildlicher Rede, wie man etwa sagt: ein Gerücht pflanzt sich fort.

** *Elem. phil. bot. Ed. II. T. I, p.* 133.

*der Pope** gepflegt, vor einigen Jahren in England umgehauen und verbrannt wurde. Die aus Mangel an umfassender Beobachtung und Kenntniss der Muttersprache so confus und unbeholfen ausgedrückte Thatsache ist nämlich die, dass aus Knospen Individuen entstehen, die der Mutterpflanze häufig in mehr Merkmalen gleichen, als die aus einem Embryo entstandenen. Diese Thatsache, die aber keineswegs einen scharfen Unterschied begründet (man denke nur daran, welche untergeordnete Merkmale bei unseren Gemüsearten, z. B. Kohl, Erbsen u. s. w., durch den Saamen übertragen werden), liegt nun sehr natürlich in der Art organischer Fortpflanzung überhaupt begründet. Fortpflanzung ist nichts anderes, als das Uebergehen des specifischen Bildungstriebes von einem Individuum auf ein neu entstehendes, und wo die Art nicht erhalten wird, ist daher gar keine Fortpflanzung vorhanden. Es hängt aber von den Bedingungen, unter welchen die Fortpflanzung geschieht, ab, ob der specifische Bildungstrieb sich auf mehr oder weniger Merkmale erstreckt, indem eine entstehende Form, sei es Gestalt oder sei es Form eines Processes, einer frühern Form um so ähnlicher werden muss, je länger und je ausschliesslicher ihre Entstehung und Entwickelung von denselben Bedingungen abhing, welche die erste Form hervorriefen und erhielten. Nun besteht aber die regelmässige Fortpflanzung und die Fortpflanzung durch einzelne Zellen stets darin, das sich ein organischer Keim gleich anfänglich aus dem organischen Verbande mit der Pflanze, aus ihrer Continuität, völlig lostrennt und sich aus sich selbstständig entwickelt, so dass der Einfluss, den etwa die Mutterpflanze auf ihn ausübt, wenn auch noch ein bestimmender und verähnlichender, doch immer schon als ein äusserer auf ihn wirkt und durch seine eigene innere Lebensthätigkeit modificirt aufgenommen wird. Bei der Theilung und Knospenbildung dagegen ist das neue Individuum bis zum Augenblicke der Trennung organisch mit der Mutterpflanze verbunden, in einer Continuität mit ihr, und entwickelt sich daher ganz unter dem Bildungstriebe derselben mit allen den Zufälligkeiten seiner Erscheinung, wie sie gerade in diesem einzelnen (Mutter-) Individuum hervortreten. Dass aber auch hier gar Vieles durch äussere nicht von der Mutterpflanze gegebenen Einflüsse bestimmt werden könne, zeigt unter den bis jetzt (sicher nur aus Mangel an Aufmerksamkeit wenigen) bekannt gewordenen Fällen z. B. die Thatsache, dass aus sogenannten Wasserlohden (also aus Knospen) hervorgegangene Individuen sich gar häufig durch eine auffallend grosse Blattbildung von der Mutterpflanze unterscheiden; so findet man in feuchten Wäldern nicht selten Eichenschösslinge, die, aus einem alten abgehauenen Stock emporgeschossen, wegen ihrer zuweilen fast fusslangen Blätter auffallen u. s. w.; ferner die Erfahrung, dass das Pfropfreis und noch mehr das Auge gar häufig durch die Natur des Subjects in seinen Eigenschaften etwas modificirt wird und keineswegs alle Merkmale der Mutterpflanze behält**.

§. 207.

Der aufgeführten verschiedenen Arten der Fortpflanzung bedient sich die Natur in der That, um die Individuenzahl der Pflanzen zu vermehren. Bei manchen Pflanzen treten sie immer ein, bei andern werden sie nur durch ausserordentliche äussere Einwirkungen herbeigeführt und sind daher seltener. Es giebt insbesondere viele Pflanzen, welche eine Menge von Knospen in verschiedenen Formen hervorbringen (vgl. §. 135, 2), die dann durch Absterben der Mutterpflanze, oder der sie verbindenden Stengelglieder isolirt werden. Man pflegt sie poliferirende Pflanzen zu nennen.

Auf die Knospenbildung inbesondere hat man aber auch mehrere Gartenopera-

---

* Alle unsere Trauerweiden sollen von einem Zweige stammen, den der Dichter *Pope*, in einen Korb verflochten, aus Smyrna erhielt und den er, weil er noch Leben zeigte, einpflanzte.

** Vergl. *Lindley, A theory of Horticulture. London* 1840, *p.* 220 *sq.*

tionen gegründet, die theils die Vermehrung, theils die Erhaltung und Umänderung der Pflanzen zu gewissen Zwecken beabsichtigen.

Sehr allgemein benutzt man die Bildung der Knospen aus Blättern und die natürliche Knospenbildung zur Vermehrung der Pflanzen. In letzterer Beziehung macht man Absenker, indem man schon zum Zweig entwickelte Knospen noch in Verbindung mit der Mutterpflanze Nebenwurzeln treiben lässt und dann abschneidet, oder Stecklinge, indem man den Zweig gleich abschneidet und dann zum Nebenwurzeltreiben bringt.

Zur Erreichung besonderer Culturzwecke überträgt man Knospen von einem Individuum auf ein anderes. Die Operation beruht wesentlich darauf, dass man das blossgelegte, lebendig vegetirende und gleichnamige Zellgewebe beider rasch in enge Berührung bringt und dann auf verschiedene Weise gegen äussere Schädlichkeiten schützt, bis die beiden Wundflächen mit einander verwachsen sind. So überträgt man Knospen (oculiren, impfen, äugeln), die mit einem Rindenstück abgelöst werden (Augen), oder junge Zweige (pfropfen), die unten verschiedenartig zugeschnitten sind (Pfropfreiser) auf einen Stamm (Subject), erstere unter eine gelöste Rindenportion einschiebend, letztere zwischen Rinde und Holz einschiebend oder mit dem anpassend zugeschnittenen Stamm zusammenfügend. Oder man verbindet durch Vereinigung passender Schnittflächen den Zweig einer Pflanze mit dem einer andern und trennt ihn erst dann von der Mutterpflanze, wenn er mit der zweiten verwachsen ist (absäugen oder ablactiren).

Ich brauche diesem Paragraphen kaum etwas hinzuzusetzen; denn der erste Punkt gehört der speciellen Botanik an und der zweite so wenig in die Botanik wie Chirurgie in die Zoologie. Für die Vereinigung zweier Individuen durch Aeugeln, Pfropfen oder Absäugen will ich nur Folgendes bemerken. Abgesehen von der Sorgfalt, mit der die Operation gemacht wird, damit möglichst viel lebendiges Zellgewebe und möglichst nur gleichnamiges, z. B. Holz mit Holz, Splint mit Splint, Cambium mit Cambium u. s. w., in Berührung kommt, ohne lange der Luft ausgesetzt gewesen zu sein, hängt das Gelingen der Operation auch von der Art der beiden Pflanzen ab, die so vereinigt werden sollen. Hierbei ist Regel, dass, je näher sich die Pflanzen stehen, z. B. Spielarten eines Geschlechts, um so sicherer der Erfolg zu hoffen ist, und dass zu verschiedenen natürlichen Familien gehörige Pflanzen sich wohl niemals vereinigen lassen. Die entgegengesetzten Thatsachen sind nur scheinbar. Ein Zweig kann in blossem Wasser oder feuchtem Sande blühen und Blätter treiben, also auch wohl wenn er durch das Zellgewebe einer andern Pflanze mit Feuchtigkeit versehen wird, aber verwachsen wird er nicht, wenn nicht der chemische Process in beiden Pflanzen wenigstens ein ähnlicher ist. Kennten wir die specifischen Eigenheiten des chemischen Processes in allen Pflanzen, so würde man im Voraus den Erfolg jeder solchen Uebertragung bestimmen können; ohne das aber sind wir allein auf den Versuch angewiesen. Sobald die Vereinigung geschehen, hängt natürlich die Natur der fernerhin neu gebildeten Zellen und Organe hauptsächlich von der Natur des neuen Individuum ab, wenn dieses nämlich das einzige lebendig fortwachsende auf dem Subject ist, und wenn nicht, doch in so weit es seinen Einfluss ausüben kann. Immerhin wird das Subject aber auf Auge und Pfropfreis einen bald mehr bald weniger merklichen Einfluss ausüben, weil die den lezteren zugeführten Säfte doch zunächst durch die Zellen des Subjects gehen müssen und von diesen schon chemisch verändert werden. Hier sind aber die Verhältnisse noch viel zu complicirt, um von uns einer Erklärung unterworfen zu werden. Alles sind hier einzeln stehende Erfahrungen, deren Mittheilung nicht hierher, sondern in die Lehrbücher der Gärtnerkunst gehört. Einen Fall will ich nur noch erwähnen, der interessant ist. Wenn man einen Zweig einer sehr rasch

wachsenden Pflanze auf einen Stamm einer sehr langsam wachsenden pfropft, z. B. einen Pflaumenzweig auf einen Schlehenstamm, so verdickt sich das Pfropfreis seiner Natur gemäss sehr schnell, aber nicht ebenso der Schlehenstamm, welcher seinen langsamen Wuchs beibehält*. Einen schlagendern Beweis für das fortdauernde specifische Leben des Subjects und, wie mir scheint, gegen den angeblichen absteigenden Rindensaft kann man nicht leicht finden. Wenn ein absteigender Rindensaft existirt, so müsste sich natürlich der alte Schlehenstamm durch das Pfropfreis mit Jahresringen von Pflaumenholz bekleiden und diese würden ihrer Natur nach eben so schnell sich verdicken, als das Pfropfreis selbst; das geschieht aber keineswegs, weil eben die neuen Jahresringe nicht aus einem absteigenden Rindensafte gebildet werden, sondern durch Zellenbildung in den schon vorhandenen Zellen der Cambialschicht, und deshalb wesentlich auch ihnen gleichartig. Nun hat man aus der Bildung neuen Holzes nach der Natur des Pfropfreises das Herabsteigen des Rindensaftes bewiesen und dann wieder hier die Thatsache, dass eine solche Bildung nicht nach der Natur des Pfropfreises erfolgt, ebenfalls aus dem absteigenden Rindensaft abgeleitet, der nämlich über der Pfropfstelle stocken soll. Was sich doch nicht alles beweisen lässt, wenn man nur hübsch mit der Logik sich abzufinden weiss.

§. 208.

Eigenthümliche Verhältnisse zeigen sich endlich noch bei der Fähigkeit der Gewächse zur regelmässigen Fortpflanzung. Jede einfache Pflanze im strengsten Sinne des Wortes ist nur einmal fortpflanzungsfähig; mit der Umbildung ihrer Terminalknospe zu Fortpflanzungsorganen ist ihr Leben beschlossen. Aber auch der grösste Theil der einfachen Pflanzen im weitern Sinne, deren Axillarknospen ausschliesslich Blüthentheile bilden, ist nur einmal fortpflanzungsfähig; die Pflanze wird durch die Fortpflanzung so erschöpft, dass sie abstirbt (die sogenannte ein- und zweijährige Pflanze, *plantae monocarpicae*). Seltener bleibt sie lebendig und indem sie durch die Terminalknospe sich fortentwickelt, kann sie auf's Neue Fortpflanzungsorgane hervorbringen, z. B. Ananas. An der zusammengesetzten Pflanze gilt dasselbe für die einzelnen Individuen, aus denen sie besteht. Hier tritt aber ein höchst merkwürdiges Verhältniss ein, dass nämlich bei gar vielen perennirenden Pflanzen das aus dem Saamen entstandene Individuum völlig unfähig ist, sich durch Saamen fortzupflanzen, und dass erst die aus Knospen hervorgegangenen Individuen zuweilen in der zehnten und mehrfachen Generation die Fähigkeit erlangen, Fortpflanzungsorgane hervorzubringen.

Bei den meisten Algen und Flechten, bei denen noch so wenig von abgeschlossener Individualität die Rede ist, bei denen jeder kleinste Theil die ganze Pflanze repräsentirt und für sich fortlebt, findet natürlich das eben ausgesprochene Gesetz keine Anwendung, um so sicherer dagegen bei den übrigen Flechten und den meisten Pilzen, bei denen die ganze Pflanze fast nur aus den Fortpflanzungsorganen besteht. Bei den übrigen Pflanzen versteht es sich von selbst, dass das aus einer Knospe hervorgegangene Individuum absterben muss, wenn sein einziger Trieb, der Endtrieb, sich in Fortpflanzungsorgane umwandelt. Auch bei den einfachen Pflanzen, deren Seitenknospen alle zu Blüthen oder Blüthenständen werden, muss dasselbe stattfinden, sobald auch die Terminalknospen Blüthen geworden sind. Ist das Letztere nicht der Fall, so hängt es freilich von specifischer Eigenthümlichkeit ab, ob das Leben des ganzen Individuum durch die Blüthenbildung erschöpft ist (z. B. bei *Musa* und einigen Palmen), oder ob es im Terminaltrieb fortwachsen und öfter Fortpflanzungsorgane hervorbringen kann (die meisten Palmen). Das auffallendste Verhältniss ist das zuletzt erwähnte, welches die meisten dicotyledonen Bäume zeigen. Hier bilden stets erst

* Vergl. *Lindley, A theory of Horticulture, p.* 237

die aus Seitenknospen oft sehr spät hervorgehenden Individuen Fortpflanzungsorgane. Sollte bei Polypen vielleicht Aehnliches vorkommen, dass ein aus einem Ei entwickeltes Thier nicht im Stande sei, Eier zu bilden, sondern dass erst eine der Seitensprossen in späterer Generation diese Fähigkeit erlangt?

F. Tod der ganzen Pflanze.

§. 209.

Bei der Selbstständigkeit des Elementarorgans besteht das Leben der ganzen Pflanze als solches nur in der morphologischen Verknüpfung der Zellen und, da die Pflanze nie alle ihre Organe vollständig gleichzeitig besitzt, in ihrer Entwickelungsgeschichte. Sie ist also als Pflanze todt, sobald sie nicht mehr die Möglichkeit individueller Entwickelung hat. Unterscheiden wir hier zwischen einfacher Pflanze und zusammengesetzter Pflanze (vergl. §. 66), so finden wir nur bei einem kleinen Theile der einfachen Pflanzen einen Abschluss ihrer Entwickelungsgeschichte und somit ihren Tod in ihrer Natur selbst bedingt, nämlich bei der einfachen Pflanze, die ihre Terminalknospe zu Fortpflanzungsorganen umbildet. Bei einigen andern scheint auch ohne eine solche Ausbildung der Terminalknospe durch die Entwickelung aller Axillarknospen zu Fortpflanzungsorganen, Blüthen und Blüthenständen die vegetative Kraft der Pflanze, erschöpft zu werden, auf welche Weise wissen wir aber nicht. Für alle zusammengesetzten Pflanzen und selbst für einen grossen Theil der einfachen findet ein eignes Verhältniss statt, indem zwar die einfache Pflanze als solche abstirbt, aber in einem Theile, der freilich sich nicht mehr zu Organen entwickeln kann, fortlebt. Dieser fortlebende Theil unterhält dann auf eigenthümliche Weise eine lebendige Verbindung unter den neuen Individuen (einfachen Pflanzen), die durch Knospenbildung aus dem ersten Individuum hervorgingen. In diesem eigenthümlichen Zustande sind alle durch Rhizome und Stämme perennirenden Pflanzen. Völlig einfache Pflanzen, die, nachdem sie ihre regelmässige Entwickelung vollendet haben, ganz absterben, giebt es nur äusserst wenige. Die zusammengesetzte Pflanze als solche hat durchaus keinen in ihrer Organisation nothwendig bedingten Abschluss ihres Lebens, den man Tod in der angegebenen Bedeutung nennen könnte.

Ich habe überall in diesem Buche darauf hingewiesen, wie ungehörig und unpassend alle Analogien zwischen Thier und Pflanze sind, sobald man ohne Vorurtheil und mit tiefer eindringender Kenntniss beider sie zusammenstellt. Dasselbe zeigt sich nun auch auf höchst merkwürdige Weise in dem Verhältnisse, welches im gegenwärtigen Paragraphen berührt ist. Kein Hunderttheil aller Pflanzen (die ganz ein- oder zweijährigen) zeigt uns die Möglichkeit eines Vergleiches mit den meisten Thieren Noch nicht ein Tausendtheil der Thiere (die zusammengesetzten Polypen) lässt eine Analogie mit den übrigen Pflanzen zu und noch dazu ist gerade bei diesen Thieren unsere Kenntniss der Entwickelungsgeschichte durchaus mangelhaft. Das einzelne Thier ist in seinem Leben ebenfalls in vielfacher Beziehung von dem Leben des Planeten abhängig, von dem es seine Lebensreize, seinen Lebensunterhalt empfängt. Aber so wie dadurch die äussere Natur das Leben des Thieres auf der einen Seite erhält, so giebt sie auch zugleich in jedem Erhaltungsacte gleichsam ein Moment der Reibung und des Widerstandes, die nach und nach sich summiren, bis ihre Kraft die Leben erhaltende Kraft der äussern Natur überwiegt, womit nothwendig der Tod eintritt. Es liegt im Organismus des Thieres selbst die Bedingung des Todes, indem die zu einer abgeschlossenen Individualität vereinigten organischen Elemente, für sich

gar kein Leben habend, nur so lange dem Leben des ganzen Thieres dienen können, als sie in dem specifisch bestimmten Gleichgewicht ihrer chemischen Natur und ihrer physikalischen Kräfteäusserungen erhalten werden, aber nur mit einem ebenfalls specifisch bestimmten Trägheitsvermögen sich den auf Störung dieses Gleichgewichts gerichteten Einflüssen der äussern Natur entgegensetzen können. Tritt dann der Zustand ein, wo die völlige Aufhebung dieses Gleichgewichts den Tod des Thieres herbeiführt, so sind gleichzeitig auch alle organischen Elemente, aus denen es bestand, dem Tode und der Auflösung verfallen.

Nicht so bei der Pflanze. In ihr lebt jedes Elementarorgan sein eignes selbstständiges Leben und stirbt für sich und die ganze Pflanze besteht wesentlich nur aus der morphologischen und nicht aus der physiologischen Verknüpfung der Elemente. Die einzelnen Zellen können todt sein und doch, indem sie noch die Gestalt der ganzen Pflanze bedingen, gleichsam ein lebendiger Theil derselben bleiben; die ganze Pflanze kann sterben, d. h. der specifisch bestimmte Verband, in welchem die Zellen zusammengeordnet waren, kann aufgehoben sein, und doch leben die Elementarorgane noch fort, ja können selbst im Stande sein, neue Individuen derselben Art wieder zu entwickeln. Der Begriff der ganzen Pflanze liegt aber, wie ich das vielfach nachgewiesen habe, in einem specifisch bestimmten Entwickelungsprocesse. Wo nun dieser so unbestimmte Formen hervorruft, wie bei Algen, Flechten und Pilzen, ist auch an einen Tod der ganzen Pflanze nicht zu denken, weil jeder einzelne Theil derselben die unbestimmte Form so gut repräsentirt, wie die ganze Pflanze, und sich nach demselben Typus fortentwickeln kann. Hier kann also von Tod nur die Rede sein, sobald alle Elementarorgane chemisch oder mechanisch zerstört sind. In der grossen Fucusbank von Corvo und Flores mögen sich *Sargassum*-Pflanzen herumtreiben, an denen schon die Schiffe des Columbus streiften, und auf den nordischen Geschieben kann man sicher Flechten finden, die mit ihrem Boden aus Skandinavien herüberkamen. In Urgebirgen sind Exemplare von Flechten nicht selten, denen man im Verhältniss zu ihrem langsamen Wachsthum ein tausendjähriges Alter nicht absprechen kann. Die Pilze bei ihrem meistentheils so weichen Gewebe werden leichter als andere Pflanzen insbesondere durch Fäulniss zerstört, ohne dass man sagen könnte, sie seien natürlichen Todes gestorben. Aber man findet auch im Hochwalde nicht selten sogenannte Hexenkreise von *Boletus bovinus*, *edulis* u. s. w. von so weitem Umkreise, dass man der Pflanze, zu der diese Sporenfrüchte gehören, 10- und 20jähriges Alter zugestehen muss, und die festen Pilze, *Polyporus igniarius*, *Daedalea quercina* u. s. w., erreichen sicher mit ihrem Baume oft ein mehrhundertjähriges Alter, ehe sie, der *Dryas* gleich, zu Grunde gehen, nicht weil sie sterblich sind, sondern weil der Wohnplatz vernichtet wird, an den sie durch das harte Schicksal unabänderlich geknüpft sind.

Anders verhält sich die Sache bei den übrigen Pflanzengruppen, die in bestimmter Modificirung des Entwickelungsprocesses verschiedene wesentlich zu ihrem Begriffe gehörige Organe bilden. Ein solches Gewächs existirt als die specifisch bestimmte Pflanze nur so lange, als sie fortfahren kann, die zu ihrem Begriffe nothwendigen Organe zu bilden; das Eintreten der Unmöglichkeit, sich ihrem Gesetz gemäss zu entwickeln, ist ihr Tod als Pflanze. Dabei wird aber der schon früher entwickelte Unterschied zwischen einfacher und zusammengesetzter Pflanze wichtig. Da die Existenz der letztern nicht auf Fortbildung eines Einzelwesens, sondern auf beständiger Fortpflanzung und Bildung neuer Individuen beruht, so versteht es sich von selbst, dass von Tod bei ihr nicht die Rede sein kann, weil wir bei einem fortpflanzungsfähigen Organismus überall keine Nothwendigkeit kennen, dass die Fortpflanzungsfähigkeit in irgend einer Generation einmal aufhören müsse. Es existirt auch in der That keine Beobachtung, dass ein unter vollkommen günstigen Verhältnissen vegetirender Baum vor Altersschwäche gestorben sei. Wir haben Beispiele genug von ungeheurem Alter der Bäume. Die berühmte *Castagna dei cento cavalli* (*Castanea vesca*) auf dem

Aetna muss an tausend Jahre alt sein. Die Baobabbäume (*Adansonia digitata*) auf dem grünen Vorgebirge taxirt man nach ihrer Dicke und der Zahl der Jahresringe an einigen Aesten zu 4000 Jahren und darüber. Die Riesencypresse (*Cupressus disticha*) zu Santa Maria del Tule, zwei Stunden östlich von Oaxaca in Mexico, hat einen Umfang von 124 spanischen Fussen, also 40′ Diam.; rechnet man jeden Jahresring zu 1‴, so ist der Baum fast 3000 Jahre alt; historisch sicher ist er älter, als die Eroberung von Mexico durch die Spanier. Das Alter des grossen Drachenbaumes (*Dracaenao Draco*) von Orotava auf Teneriffa wird zu mehr als 5000 Jahren bestimmt, und er wäre also nach gewöhnlicher Berechnungsweise des jüdischen Mythus beinahe Zeuge der Schöpfungsgeschichte. Diese Beispiele* genügen schon vollkommen, um die Möglichkeit eines Fortlebens ohne Ende bei zusammengesetzten Pflanzen zu beweisen. Gewöhnlich sterben diese Pflanzen in Folge mechanischer Verletzungen, z. B. ein durch Sturm abgebrochener Ast giebt Veranlassung, dass von der dem Regenwasser ausgesetzten Bruchfläche aus sich allmälig die Verwesung oder Vermoderung alles älteren, schon todten, aber die Festigkeit der ganzen Pflanze bedingenden Zellgewebes (des Kernholzes) bemächtigt; ein neuer Sturm wirft dann leicht den ganzen Baum um, der nun, von der Wurzel getrennt, verhungert.

Bei allen diesen perennirenden Pflanzen zeigt sich nun ein ganz eigenthümliches Verhältniss, welches mit der Fortpflanzung zusammenhängt und auch dort schon berührt ist. An der einfachen Pflanze bildet sich nämlich eine Zellgewebsmasse aus, welches einen lebendigen Zusammenhang zwischen den neuen, durch Knospenbildung entstandenen Individuen unterhält und so eigentlich die zusammengesetzte Pflanze als solche möglich macht. Dabei bleibt das aus Saamen entstandene ursprüngliche Individuum entweder lebendig, wie bei den meisten Bäumen, und wächst dann selbst mit fort, oder es stirbt als Pflanze völlig ab und hinterlässt nur jene lebendig bleibende, aber individueller Entwickelung fernerhin unfähige Zellgewebsmasse, wie bei den Staudengewächsen. — Bei den Bäumen ist diese Zellgewebsmasse das Cambium des Stammes, bei den Stauden das des Rhizoms.

Für die übrigen (einfachen) Pflanzen sehen wir so viel wohl ein, dass eine Pflanze, deren Terminalknospe vollständig in Fortpflanzungsorgane umgeändert wird, damit das Ende ihres Lebens erreicht haben muss, da sie nicht mehr fortwachsen kann. Wie aber der Tod bei den einfachen Pflanzen herbeigeführt werde, die nur ihre Seitenknospen in Blüthen umwandeln, ist uns völlig dunkel. Es ist eine nichtssagende und deshalb nichtserklärende Rede, dass durch die Blüthenbildung die Lebenskraft erschöpft sei, da wir überall, und insbesondere hier, uns unter Lebenskraft nichts Bestimmtes denken können. — Hier ist noch sehr viel zu thun, bis wir dem Abschlusse näher rücken.

Mir ist kein Buch, sei es über Pflanzenphysiologie, sei es über Botanik im Allgemeinen, bekannt geworden, in welchem die Frage nach dem Tode der Pflanzen, dessen Ursachen und Erscheinungen auch nur beiläufig berührt würde. Erst nach meinem Vorgange haben *Unger* und *Endlicher* ein Capitel ähnlichen Inhalts in ihre Grundzüge der Botanik aufgenommen.

Zweiter Abschnitt.

Specielle Erscheinungen im Leben der ganzen Pflanze.

A. Wärmeentwickelung.

§. 210.

Die Temperatur der lebenden Pflanze ist fast niemals übereinstimmend mit der der umgebenden Atmosphäre. Folgende drei Verhältnisse sind bis jetzt beobachtet.

---

* Man vergl. im Anhang das Verzeichniss alter Bäume.

A. Keimende Saamen (der Phanerogamen) entwickeln eine Wärme, welche die der Umgebung bedeutend übersteigt. Die Ursache ist hier höchst wahrscheinlich der Verbrennungsprocess in der Bildung von Kohlensäure und Wasser bei der Zersetzung der assimilirten Stoffe, Stärke, Oel u. s. w.

B. Bäume unseres Klima zeigen in ihrem Innern eine veränderliche Temperatur, die im Winter höher, im Sommer niedriger als die der umgebenden Atmosphäre ist. In ihren Veränderungen folgt sie stets sehr genau den Veränderungen der Atmosphäre im Steigen und Fallen; bei lange anhaltenden hohen oder niedrigen Temperaturen der Atmosphäre nähert sie sich denselben immer mehr, ohne sie ganz zu erreichen. Als Grund dieser Erscheinung kann man mit höchster Wahrscheinlichkeit den Gang der Erdtemperatur in der Tiefe, in der sich die Wurzeln ausbreiten, angeben; von dort wird die Temperatur theils durch den aufsteigenden Saft, theils durch das grosse Leitungsvermögen des Holzes seiner Länge nach dem Stamme mitgetheilt und hier theils durch die schlechte Leitungfähigkeit des Holzes der Quere nach, theils durch die Bekleidung mit Rinde, einem sehr schlechten Wärmeleiter, geschützt und erhalten.

C. Während der Blüthezeit entwickeln die Aroideen (bei denen durch die Menge der neben einander stehenden Blüthen die Wirkung leichter zu erkennen ist) eine die Temperatur der umgebenden Atmosphäre bedeutend übersteigende Wärme. Auch hier ist der Grund in der hier stattfindenden bedeutenden Kohlensäurebildung (Verbrennungsprocess) zu suchen, welcher insbesondere von den Staubfäden unterhalten wird.

Ueber die in diesem und dem folgenden Paragraphen der allgemeinen Organologie berührten Gegenstände kann ich fast nur referiren und hin und wieder die Aufgaben, die noch zu lösen sind, bezeichnen, da ich bis jetzt noch nicht in der Lage war, selbst Beobachtungen über die meisten dieser Verhältnisse anzustellen.

Die Temperaturerhöhung beim Keimen der Pflanzen ist Jedem bekannt, der nur einmal vom Malzen des Getreides für Bierbrauereien gehört hat. Die Thatsache kann keinem Zweifel unterliegen. Ich kenne aber keine wissenschaftlichen Beobachtungen darüber. Sie wären so anzustellen, dass sie den ganzen Keimungsact bis zum Aufhören der Kohlensäurebildung umfassten, dabei müsste gleichzeitig die gesammte und die für die einzelnen Perioden gebildete Quantität Kohlensäure bestimmt, daraus nach der bekannten Zusammensetzung der Stärke die Quantität des gebildeten Wassers berechnet und aus beiden die durch den chemischen Process frei gewordene Wärme bestimmt und mit der beobachteten Wärme verglichen werden.

Die Beobachtungen über die Temperatur der Bäume wurden zuerst von *John Hunter* angestellt, später von Vielen mit verschiedenen Resultaten wiederholt, und es wurden lebhafte Streitigkeiten darüber geführt, worüber *Meyen* * sehr ausführlich berichtet. Mir scheinen alle früheren Untersuchungen völlig überflüssig geworden zu sein durch die ersten genauen und mit wissenschaftlichem Sinne angestellten Beobachtungen *Schübler's* **. Diese Untersuchungen geben als Resultat das im Paragraphen angeführte Gesetz. Die Ableitung desselben von dem Gange der Erdwärme ist zwar noch hypothetisch, und es wäre sehr zu wünschen, dass in dieser Beziehung genaue Beobachtungen an bestimmten Pflanzen mit gleichzeitiger Beobachtung des wirklichen Ganges der Erdwärme in der ungefähren Tiefe der Wurzeln angestellt würden. Es wird das aber sehr wahrscheinlich nach der bekannten Thatsache des Ganges der Erd-

---

* Physiologie, B. II. S. 164 ff.

** *Halder,* Beobachtungen über die Temperatur der Vegetabilien. Tübingen 1826. — und *Neuffer,* Untersuchungen über die Temperaturveränderungen der Vegetabilien u. s. w. Tübingen 1829.

wärme, des Aufsteigens des Saftes in der Pflanze und den Entdeckungen *De la Rive's* und *Alph. De Candolle's* *, aus welchen hervorgeht, dass Holz nach der Länge seiner Faserung ein sehr guter, quer durch seine Fasern ein sehr schlechter Wärmeleiter sei. Insbesondere sind hier eine grössere Anzahl vergleichender Beobachtungen zu machen, einestheils an Pflanzen, deren Wurzeln verschiedene Tiefen erreichen, dann an krautartigen und holzbildenden und endlich an Tropenpflanzen, welche letzteren wir wohl erst erhalten werden, wenn die Regierungen einmal anfangen, Naturforscher statt Sammler für ihre Museen auf Reisen zu schicken. Ein gut unterstützter und gut benutzter zweijähriger Aufenthalt eines Physiologen in den Wäldern am Orinocco könnte die Wissenschaft weiter fördern, als alle Reisen nach *A. v. Humboldt* zusammen gethan haben.

Die Beobachtungen über Temperaturerhöhung beim Blühen sind bis jetzt nur bei Aroideen angestellt **. 1777 entdeckte *Lamark* diese Thatsache an *Arum italicum*. Später theilten *Sennebier*, *Bory St. Vincent* und Andere*** Beobachtungen darüber mit. Die genauesten und ausführlichsten Untersuchungen sind von *Vrolik* und *de Vriese* †. Nach ihnen hat der Gang der Temperatur eine regelmässige Periodicität innerhalb 24 Stunden und erreicht in den Nachmittagsstunden zwischen 2 — 5 Uhr sein Maximum. Die zwischen der Temperatur der Luft und des Kolbens beobachtete Differenz steigt selbst bis auf 20 — 30° R. Auch hier ist überwiegend wahrscheinlich, dass die Wärme das Resultat eines Verbrennungsprocesses ist. Nach *Th. de Saussure* †† verwandelt ein Kolben von *Arum maculatum* in 24 Stunden sein 30faches Volumen Sauerstoff in Kohlensäure. Es fehlen uns aber umfassendere vergleichende Beobachtungen, die wenigstens an gedrängten Blüthenständen sich auch wohl anstellen liessen. Es müsste gleichzeitig auf's genaueste der chemische Process gemessen und die dadurch entbundene Wärme berechnet und mit der beobachteten verglichen werden.

In allen angeführten Fällen hängt die absolute Temperatur von der Intensität des ganzen Lebensprocesses ab und ist um so höher, je lebendiger die Pflanzen vegetiren, je lebhafter also auch die Sälteaufnahme und der chemische Process ist.

Von jenen drei Erscheinungen scheinen nur der erste und letzte gleichen Ursprungs, der zweite ist gänzlich unabhängig davon. *Meyen* will durchaus eine eigne Wärmeerzeugung in den Pflanzen haben, die auch vielleicht durch die chemischen Processe, die beständig vor sich gehen, vorhanden sein mag. So roh, wie er die Sache anfängt, lässt sich aber kein Resultat gewinnen. Dass die Temperatur der Bäume im Innern von denselben Ursachen abhängen müsse, wie die Wärmeentwickelung beim Keimen und Blühen, ist rein aus der Luft gegriffen; so viel ist gewiss, dass beim Keimen und Blühen kohlenstoffhaltige Bestandtheile zersetzt, Kohlenstoff verbrannt werde; beim Process im Stamm ist aber gewiss eine Bildung rein kohlenstoffhaltiger Bestandtheile vorhanden; ob die dabei mitwirkenden chemischen Processe Wärme binden oder Wärme frei machen, ist auf jeden Fall noch völlig ungewiss, weil wir diese Vorgänge selbst noch nicht kennen. *Meyen* bezweifelt ferner das Aufsteigen des Saftes im Winter, weil man oft Wurzeln durch und durch gefroren finde. Aber welche Wurzeln? Schon in 3′ Tiefe verschwindet der Temperatur-Unterschied zwischen Tag und Nacht, in 60—70′ der zwischen Winter und Sommer. Oberflächliche Wurzeln können recht gut gefroren sein, während tiefer gehende die Säfteaufnahme erhalten. Hier ist noch unendlich viel zu beobachten und gar kein Platz für erklärende Hypothesen, nach denen im Ganzen noch nicht gefragt werden kann, weil uns noch die zu erklärenden

* *Poggendorff's* Annalen, Bd. XIV, p. 590.

** Eine vollständige Aufzählung aller Beobachtungen findet sich auch in der Flora (Jahrg. 1842, Bd. I. Beiblätter Nr. 6, S. 84).

*** Vergl. *Meyen*, Physiol. II, 184 ff.

† *Wiegmann's* Archiv, 1836. Bd. II. S. 95.

†† *Annales de Chimie et de Physique, T. XXI, p.* 279.

Thatsachen fehlen. Es geht *Meyen* hier wie so vielen Naturforschern; sie mögen die süsse Einbildung nicht aufgeben, die Wissenschaft wäre bis auf Kleinigkeiten fertig und sie wüssten schon Alles, während wir in der That doch kaum den Eingang in die Wissenschaft gewonnen haben.

B. Lichtentwickelung.

§. 211.

Man findet gar viel vom Leuchten der Pflanzen geschrieben; sondert man alle entschiedenen Fabeln und Täuschungen aus, so bleiben nur wenige Thatsachen stehen.

Nach *A. v. Humboldt* leuchten die weisslichen Spitzen des schwarzen, noch räthselhaften Pilzes (?), *Rhizomorpha subterranea*, mit eignem phosphorischen Lichte. Aehnliche Beobachtungen an einer Alge (?), *Oscillatoria*, machte *Meyen*.

Absterbende Pilze, absterbendes Holz und andere Pflanzentheile leuchten bekanntlich unter gewissen Umständen.

In diesen beiden Fällen lässt sich, wie es scheint, die leuchtende Materie, ein gallertartiger Stoff, abstreifen, und das Leuchten rührt wahrscheinlich von einem langsamen Verbrennungsprocess auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs her.

Linné's Tochter beobachtete zuerst ein blitzähnliches Leuchten in schwüler Gewitternacht an *Tropaeolum majus*, später wurde diese Beobachtung an derselben und an vielen anderen, meist goldgelben und orangefarbenen Blumen bestätigt. Jeder Erklärungsversuch ist hier noch unmöglich.

Folgendes ist die Literatur über diesen Gegenstand, die ich grösstentheils nach *Meyen*, Physiol., Bd. II. S. 192 ff., mittheile, weil ich mir die meisten betreffenden Bücher noch nicht verschaffen konnte, auch ohne Gelegenheit zu eigenen Beobachtungen keinen Gewinn in ihrem Studium sah.

Allgemeine Werke:

Placidus Heinrich, über die Phosphorescenz der Körper.
Ehrenberg, vom Leuchten des Meeres.

Im Besondern über das Leuchten der Pflanzen:

Conrad Gesner, *de lunariis*. Zürich 1555.

Ueber *Rhizomorpha subterranea:*

A. v. Humboldt, über unterirdische Gasarten. Braunschw. 1799.
Nova Acta A. L. C. XI. P. II. p. 605.

Ueber faulendes Holz und andere faulende Pflanzentheile:

N. Act. A. L. C. Vol. V. p. 482.
N. Act. A. L. C. T. XI. P. II. p. 702.
De Candolle, *Flore franç. Paris*, 1815. *p.* 45.
Link, *Elementa phil. bot. Ed. I. p.* 394.
L'institut de 1836, *p.* 34.
Scherer's Journal der Chemie. Bd. III. S. 12.

Ueber Leuchten der Blüthen:

Kongl. Svenska Wetenscap-Academiens Handlingar. 1762. *p.* 284. (*Linné's* Tochter bei *Tropaeolum majus.*)

Bertholon de St. Lazare, de l'électricité des végétaux. Paris 1783, *p.* 335. (*Tropaeolum majus.*)

Kongl. Wetenscap-Academien Nya Handl. 1778. *p.* 82. (*Helianthus annuus, Lilium bulbiferum, Tagetes spec.*)

Treviranus, Zeitschr. f. Physiol. Bd. III. S. 257—269.

Hoppe, botan. Taschenbuch f. d. Jahr 1809. S. 52. 53. (*Tropaeolum majus.*)

Baumgärtner's und *v. Ettinghausen's* Zeitschrift für Phys. und Mathem. VI. S. 459—462. (*Calendula officinalis, Tropaeolum majus, minus, Lilium bulbiferum, Tagetes patula, erecta, Helianthus, Gorteria rigens.*)

De Candolle, Physiol. végét. VI. (?) p. 886.

De Saussure, chemische Untersuchungen über die Vegetation, übersetzt von *Voigt.* Leipz. 1805. S. 118. Anm. d. Ueb. [115, wie *Meyen* citirt, ist falsch.] (*Oenothera macrocarpa.*)

Trommsdorff's Journal d. Pharmacie. VIII. P. II. S. 52. (*Phytolacca decandra.*)

Schweigger's neues Journal d. Chem. u. Phys. I. S. 361. (*Polyanthes tuberosa.*)

Sennebier, Physiol. végét. III. p. 315. (*Arum maculatum* in reinem Sauerstoffgas.)

Bei dem Leuchten der Rhizomorphen und der faulenden Pflanzentheile scheint überall ein eigener Stoff vorhanden zu sein, von dem das Leuchten ausgeht. Seine Existenz als eigner Stoff ist aber noch keineswegs gesichert, und über seine chemische Natur wissen wir entschieden nichts. Dass hier ein chemischer Process und zwar eine eigne Art langsamer Verbrennung stattfinde, wird einmal aus der Analogie mit dem bekannten Zersetzungsprocess der Pflanzensubstanz wahrscheinlich, anderntheils aus dem nicht immer, sondern nur unter besonderen Verhältnissen stattfindenden Vorkommen dieser Erscheinung. *Meyen* sagt a. a. O.: »dass es kein chemischer Process, sondern eine Erscheinung des absterbenden Lebens sei, weil es nicht immer vorkomme«. Daraus folgt aber gerade das Gegentheil. Wenn er aber S. 205 sagt: »es ist ein Product des intensivsten Lebensprocesses oder des absterbenden Lebens und wahrscheinlich nur eine intensive Respiration«, so klingt das in der That wunderlich genug.

Das Leuchten der Blumen kann trotz der Menge der angeführten Beobachtungen doch wohl noch auf Täuschungen beruhen, wie das ebenfalls lange behauptete Leuchten der *Schistostega osmundacea*, eines kleinen Laubmooses, dessen Vorkeim von *Bridel-Brideri* als *Catoptridium smaragdinum* beschrieben wurde, wogegen der grosse Algenkenner *Agardh* beweist, dass es entschieden eine neue *Protococcus*-Art sei. Es ist aber weder das eine noch das andere, sondern eben der Vorkeim des sogenannten Mooses, wie *Unger* mit völliger Sicherheit nachgewiesen.

Das Leuchten formloser Flüssigkeiten, z. B. des Milchsaftes bei *Euphorbia phosphorea* (*Martius*, Reise nach Brasilien, II. 726 und 746), gehört in die Physik und nicht in die Botanik.

C. Bewegungen der Pflanzen.

§. 212.

Man muss zwei Arten von Bewegungen der Pflanzentheile unterscheiden; 1. die, welche an todten Pflanzentheilen durch den Wechsel des feuchten und trockenen

Zustandes hervorgebracht werden (§. 213); 2. die, welche auf noch unbekannte Weise durch Veränderungen im völlig lebendigen Zellgewebe entstehen (§. 214).

Eine dritte Art von sogenannten Bewegungen gehört nicht hierher, sondern ist ein Wachsthumsphänomen, welches die Richtung gewisser Theile bestimmt, nämlich die eigenthümliche Form der Ranken und das Wachsen der Schlingpflanzen.

Endlich sind noch einige Bewegungen zu erwähnen, welche ganze Pflanzen zeigen sollen, nämlich die Oscillatorien und einige andere sogenannte niedere Algen (§. 214.)

Die dritte Art der hier erwähnten Erscheinungen gehört nicht mit zu den Bewegungen, obwohl sie von Manchen damit zusammengeworfen wird. Es hängt hier, wie bei der der Lichtquelle zuwachsenden Keimpflanze, die Richtung von einer ungleichen Streckung der Zellen beider Seiten ab, wodurch die Seite gekrümmt wird, an welcher die Zellen am wenigsten nach der Längendimension wachsen. Aehnliche Missverhältnisse in der Ausdehnung scheinen nicht selten in den Pflanzen zu sein, aber ohne dass sie im natürlichen Zustande auffallende Erscheinungen hervorriefen. Sie bewirken nur eine Spannung, die erst dann ihren Effect sichtbar macht, wenn auf irgend eine Weise die Continuität der Theile getrennt ist. Hierher gehört, wie ich glaube, die plötzliche Krümmung, die einzelne Pflanzentheile zuweilen zeigen, wie z. B. der hohle Blüthenstengel von *Leontodon taraxacum*, wenn man ihn aufspaltet, oder einen Längsstreifen herausschneidet u. s. w.

§. 213.

Die ersten Bewegungen können wir entweder schon vollkommen erklären oder, wo das nicht möglich ist, liegt es doch nur an der ungenauen Kenntniss der Structurverhältnisse und sonstigen zu berücksichtigenden Elemente, indem die Ursachen, immer dieselben bleibend, uns bekannt sind. Alle hierher gehörenden Erscheinungen finden an Pflanzentheilen statt, deren Elementartheile schon todt oder doch im Absterben begriffen sind; alle aber haben noch Bedeutung für das ganze Leben der Pflanze, alle endlich beziehen sich näher oder entfernter auf die Fortpflanzung, indem sie Ortsveränderungen der Fortpflanzungszellen (Sporen oder Pollenkörner) oder der Saamen möglich machen oder veranlassen. Wir finden derartige Erscheinungen fast in allen Pflanzengruppen. Hierher gehört das klappenartige Aufspringen der *Geastrum*-Arten und einiger anderen Pilze, das Oeffnen der Sporenfrüchte, die Bewegungen der Zähne und der Seta bei den Moosen, das Aufspringen der Sporenfrucht bei den Lebermoosen, das Aufreissen der Sporenfrüchte bei Farnkräutern, Lycopodien und Equisetaceen, bei Phanerogamen das Aufspringen der Staubbeutel, der Kapseln, das Ablösen einiger Theilfrüchte bei Euphorbiaceen, Umbelliferen und Geraniaceen und das Aufreissen einiger Steinbeeren, z. B. der Mandeln.

Die Ursachen liegen 1. in der allgemeinen Eigenschaft der vegetabilischen Membran, beim Eintrocknen sich zusammenzuziehen, und zwar bei gleicher chemischer Natur um so mehr, je dünner die Membran ist, bei Verschiedenheit des Stoffes um so mehr, je näher er in seinen Eigenschaften der Gallerte steht; — 2. in der (wenn auch geringen) Elasticität der vegetabilischen Membran, die, von Flüssigkeiten erfüllt, in gespanntem Zustande ist und, wenn die Flüssigkeiten entweichen, sich wieder zusammenzieht; — 3. in der Zusammenziehung einer dünnwandigen, mit Flüssigkeit erfüllten Zelle, wenn die Flüssigkeit entweicht und gar nicht oder nicht vollständig durch Luft ersetzt wird. Diese Ursachen bewirken die genannten Bewegungen, indem die verschiedene Structur und Natur der Zellen an

einem und demselben Pflanzentheil eine ungleiche Zusammenziehung und daher eine Biegung oder Drehung veranlasst.

Obwohl die im Paragraphen erwähnten Erscheinungen allgemein bekannt sind, so finde ich doch nirgends eine genauere Analyse der denselben zu Grunde liegenden Erscheinungen. Am wenigsten ist diese auch da zu erwarten, wo so grundfalsche Vorstellungen von der Natur der vegetabilischen Membran vorgetragen werden, wie bei *Link* und *Meyen*.

Bekannt ist die Thatsache, dass sich die Pflanzen m e m b r a n (und in Folge dessen auch die langgestreckte Zelle, die sogenannte vegetabilische Faser) im feuchten Zustande ausdehnt, im trockenen verkürzt. Das Gegentheil davon hatte *Link* (*Elem. phil. bot. Ed. I. p.* 360) behauptet und *Meyen* (Physiologie, Bd. I. S. 30) hatte dazu eine wunderliche theoretische Erklärung gefunden. Diese falsche Behauptung habe ich (*Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. I. S. 274) widerlegt. Auf der Anatomie sprengt man Schädel, indem man sie mit trockenen Erbsen füllt und darauf in's Wasser legt; Felsen sprengt man mit Holzkeilen, die man anfeuchtet; lässt man einen Tropfen Wasser auf Papier fallen, so bildet sich eine blasenartige Erhebung, ebenso auf sehr dünnen Brettchen, und was dergleichen bekannte Thatsachen mehr sind. Häufig hat man vegetabilische Stoffe zu Hygrometern benutzt, so *Dalancé* Papierstreifen, *Hautefeuille*, *Täuber*, *Ferguson*, *Coniers*, *Anderson* und *Franklin* Holzstreifen, deren grösste A u s d e h n u n g die grösste Feuchtigkeit der Atmosphäre anzeigte. *John Leslie* baute nach dem Deluc'schen Elfenbein-Hygrometer ein gleiches von Buchsbaumholz, weil sich dieses im feuchten Zustande d o p p e l t so stark ausdehnt als Elfenbein (vergl. *Gehler's* Wörterbuch, Art. Hygrometrie). Andere haben andere vegetabilische Stoffe, z. B. Streifen von Fucoideen, auf dieselbe Weise zu Hygrometern benutzt. Wie es scheint in Beziehung auf meinen Aufsatz, sagt *Link* (*Wiegmann's* Archiv 1841, Bd. II. S. 407): »Es ist durch Streitigkeiten über das Hygrometer, welche einst zwischen *De Luc* und *Saussure* geführt wurden, ausgemacht, dass die trockene Pflanzenfaser durch die Feuchtigkeit verkürzt, die thierische Faser dagegen verlängert wird«. Diese Angabe ist geradezu u n w a h r, zunächst schon deshalb, weil in dem ganzen Streite zwischen jenen beiden Männern die Frage, ob hierin ein durchgreifender Unterschied zwischen thierischer und vegetabilischer Faser stattfinde, im Allgemeinen gar nicht aufgeworfen und daher auch nicht entschieden worden ist. Fände sich die Behauptung aber auch bei einem jener Männer, so wäre sie nach bekannten Thatsachen ein entschiedener Irrthum. Aber *Link* scheint die ganze Sache bloss von Hörensagen zu kennen, denn das Resultat, insbesondere der Untersuchungen von *De Luc*, war gerade, dass kein Unterschied zwischen den thierischen und vegetabilischen Theilen in dieser Beziehung stattfinde, als ein quantitativer. *De Luc* in seiner Abhandlung über Hygrometrie (*Philosophical transactions Vol. LXXXI. P. I.* und *II.*) unterscheidet nämlich sehr genau die doppelte Wirkung, welche Feuchtigkeit auf hygroskopische Substanzen, sowohl t h i e r i s c h e n als vegetabilischen Ursprungs, äussert, nämlich 1. die bei b e i d e n durchaus immer stattfindende Ausdehnung der Membran oder Faser selbst durch absorbirte Feuchtigkeit, und 2. die bei b e i d e n vorkommende Verkürzung ganzer (besonders gedrehter) Theile durch Zwischendrängen des Wassers zwischen die einzelnen Fibern (oder zwischen die Zellenwände), die dadurch gebogen werden und nur in sofern, ungeachtet der gleichzeitigen Ausdehnung der Membran, eine Verkürzung des ganzen Theils hervorrufen können. Aus beiden Ursachen sind die Erscheinungen an hygrometrischen Substanzen zusammengesetzt und das Gesammtresultat kann, je nachdem die eine oder die andere Ursache überwiegt, eine Ausdehnung oder eine Verkürzung sein. Wie hier die Verhältnisse variiren, mag folgende, von *de Luc* entlehnte Tafel zeigen, die sogleich beweist, wie alle vegetabilischen Fasern durch Feuchtigkeit so gut ausgedehnt werden wie die thierischen. Von 100° fängt dagegen die zweite Wirkung

an, in die Erscheinung zu treten, und es erfolgt dann eine allmälige Verkürzung auch bei thierischen Substanzen.

Tafel des correspondirenden Ganges bei einerlei Anwachs der Feuchtigkeit in verschiedenen Fäden von vegetabilischen und animalischen Substanzen der Länge nach genommen.

	Stachel vom Stachelschwein.	Fischbein.	Haar.	Darmsaite.	Aloëspitta.	Gänsefeder.	Tannenholz.	Gras.	Buchsbaum-längsstreifen.	Buchsbaum-querstreifen.
	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0,0	0.0	72,8	0.0
Grösste	18,0	12,0	15.6	9,7	20.6	37,0	33.2	26.8	87,4	4,5
Trockenheit.	34.0	29,9	29.4	19,2	35.1	66.6	54.8	48.4	93,2	9,5
	48.8	39,9	40,9	26,8	51,6	78.7	74.9	67,4	97,8	14,5
	62.3	50,8	50,5	37.0	57.6	88,0	84,6	76.1	100,0	20,0
	73,3	58,8	59.2	47.1	75.6	93,4	89,8	83,9	95,9	25,7
	81,0	65,3	68.8	57,3	71.9	97.2	93.8	90,5	92.7	31.5
	86,8	70,8	73,0	67,4	76.3	99.0	96.0	95,1	88,6	38.0
	90,8	76,1	78,3	75.6	83,0	94.4	94,3	98,6	79,9	45,5
	93,0	81.4	82,1	82.9	86.6	96,2	97.7	100,0	70,3	51,5
	95,0	85,4	86,1	87,8	93,6	99,0	100,0	98,8	63,9	56,5
	94,5	88,4	88,8	91,6	96,5	95.3	94,6	98,0	57,3	61.2
	97.0	90,8	91,6	94.7	94,7	97,2	97,0	97,2	51,0	65.7
	96,5	92,8	93,8	96,3	98,2	98,2	94,6	96,2	45,7	69.7
	96,5	95,2	95,6	97,8	100.0	100,0	93,0	94,8	40,9	73.7
	95.0	97,1	97,2	98,7	99,2	99,0	91,4	92,6	31,4	77.7
	97.0	98,1	78,0	100.0	98,2	98.2	89,0	89.8	21.7	81,5
	98,0	99,1	100,0	98.7	96,8	97,2	86,9	86,5	16.0	85.9
	98,6	99,6	100,0	96,8	94.1	95,3	84,6	84,0	10,4	90,5
	99.1	100.0	99.3	94.5	91.5	94,4	81,9	80,9	5,1	95,5
im Wasser.	100,0	99.5	98,3	91,8	85.3	92,5	77,0	77,0	0,0	100,0

An den Buchsbaum, der Länge nach geschnitten, schliesst sich nun unmittelbar ein gedrehtes Hanfseil an, bei welchem, in Folge der Aneinanderlagerung der Fasern, die zweite Wirkung noch früher eintritt. Das ist das Resultat wissenschaftlicher Untersuchungen über diesen Gegenstand und *Link's* gegentheilige Behauptungen beruhen auf blosser Unkenntniss.

Gewöhnlich liest man so einige allgemeine Redensarten von hygroskopischer Natur, von Folge des Austrocknens u. s. w., ohne dass angegeben wird, wie denn diese Dinge wirken sollen. Dreierlei muss, wie mir scheint, hier unterschieden werden.

1. Die vegetabilische Membran ist gewiss in geringem Grade elastisch, sie lässt sich, wie fast alle organischen Substanzen, etwas ausdehnen und nimmt beim Nachlassen des Zuges ihr früheres Volumen wieder an. In der lebenden Pflanze ist nun das Parenchym beständig wegen der Endosmose in einem Zustande der Spannung; jede Zelle nimmt einen grössern Raum ein, als ihr nach dem natürlichen Umfang ihrer Membran zukommt. Wird aber ein Theil der sie spannenden Flüssigkeit entfernt, so zieht sie sich auf ihren natürlichen Umfang zusammen. Diese Wirkung, so äusserst gering sie auch an der einzelnen Zelle sein mag, muss doch da merklich werden, wo sie sich bei Hunderten von Zellen summirt. Dass dieses in der That sich so verhalte, zeigt uns die mikroskopische Beobachtung. Wenn wir einen grösseren saftigen Pflanzentheil im Zustande, wo er von Flüssigkeit strotzt, z. B. ein Opuntienglied oder ein grosses saftiges Blatt, abschneiden und kurze Zeit lang an einem trockenen Orte liegen lassen, so zeigt uns der Gewichtverlust, dass ein Theil Wasser verdunstet ist, genaue Messungen ergeben ein gleichzeitiges äusserst geringes Zusammenziehen auf ein kleineres Volumen. Gleichwohl finden wir bei der genauesten mikroskopischen Untersuchung alle Zellen ganz von Saft erfüllt und keine zeigt uns in ihrer Membran irgend eine Spur einer Falte, alle erscheinen noch straff gespannt. Es muss hier also

gleichzeitig mit dem Verdunsten des Wassers ein geringes Zusammenziehen aller Zellen auf ein kleines Volumen stattgefunden haben. Wenden wir dieses gleich auf die äussere saftige Parenchymschicht der Mandelfrucht an. Im von Safte strotzenden Zustande genügt die Zahl der Zellen völlig, um den harten, wenig vom Austrocknen im Volumen veränderten Stein zu umfassen. Wenn die Zellen aber bei völliger Reife allmälig ihren Flüssigkeitsgehalt verlieren (er wird nicht mehr vom Fruchtstiel aus ersetzt), so tritt durch das elastische Zusammenziehen der einzelnen, unter einander fest verbundenen Zellenwände eine Spannung ein, die Hülle wird für den Stein zu eng, und wenn irgendwo, wie in der That der Fall ist, eine Lage Zellgewebe sich findet, in der die Cohäsion nicht so stark ist, wie die spannende Kraft, so zerreisst diese Lage, der Riss klafft und wird bis zu einem gewissen Grade immer breiter, je weiter die Verdunstung des Wassers fortschreitet, denn es kommt

2. zu dem eben erörterten Verhältniss als seine Fortsetzung noch ein zweites bei weitem auffallenderes hinzu. Die dünne Zellenmembran ist im höchsten Grade biegsam, und wenn daher die Flüssigkeit aus ihr verdunstet und nicht gleichzeitig durch Luft ersetzt werden kann, so wird die Zelle durch den Luftdruck von Aussen zusammensinken, gerade wie eine zugebundene, mit Wasser erfüllte thierische Blase allmälig ihr Wasser verliert, ohne es durch Luft zu ersetzen, und dann nicht ohne Zerreissung auf ihr früheres Volumen ausgedehnt werden kann.

3. Die vegetabilische Membran ist aber auch sehr hygroskopisch und dehnt sich im feuchten Zustande aus, zieht sich im trockenen Zustande zusammen. Beides geschieht aber in sehr verschiedenem Grade nach zwei dabei concurrirenden Verhältnissen. Je näher nämlich die Membran in Hinsicht ihrer chemischen Constitution der Gallerte steht, um so mehr zieht sie sich beim Austrocknen zusammen, je mehr sie sich der Natur des völlig ausgebildeten Membranenstoffs annähert, desto geringer ist die Ausdehnung im feuchten Zustande. Bei gleicher chemischer Natur aber scheint sich die Membran um so mehr zusammen zu ziehen, je dünner sie ist, und um so weniger, je stärker sie durch secundäre Ablagerungen verdickt ist. Mit dieser letztern Ansicht stimmt sehr gut überein, dass alle Spiralfibern, die so, wie wir sie uns isoliren, nach Aussen aus der spiralig zerrissenen primären Zellenmembran, nach Innen aus der Verdickungsschicht bestehen, beim Trocknen sich gerade strecken, beim Feuchtwerden sich wieder aufrollen, weil sich die primäre Zellenmembran im trocknen Zustande mehr zusammenzieht, im feuchten mehr ausdehnt.

Ich habe bis jetzt nur eine geringe Anzahl Versuche über diese Thatsachen anstellen können, die keineswegs absolut richtige Zahlen geben, und ich gestehe gern einen Irrthum von 10 % zu. Aber relativ behalten sie immer ihren Werth. Folgendes sind die Resultate.

Polyides lumbricalis, mässig dickwandige, gelatinöse Zellen, und zwar das etwas angeschwollene Ende kurz vor der Sporenbildung = *A. Laminaria digitata*, eben so, ein Stück aus der flachen *frons* = *B. Sphaerococcus crispus*, etwas derbere Zellen der *frons* = *C. Sphaerococcus cartilagineus*, ziemlich derbe Zellen, ein Stück der stielrunden *frons* = *D.*; im trockenen Zustande gemessen* = *a*, nach dreistündigem Liegen im Wasser = *b*, nach 24stündigem Liegen im Wasser = *c*, Betrag der Verlängerung in Decimalen der ursprünglichen Länge = *d*.

	a.		*b.*		*c.*		*d.*
	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.
A.	26,5	1,5	37,5	2	39	2	0,471
B.	63	11	71,5	16	72	15 (?)	0,142
C.	16,5	3	19	5	19	5,5	0,181
D.	17	1,5	18	2	18	2	0,052

* Alle Maasse sind in Millimetern angegeben.

E. Hanffasern (sehr langgestreckte Zellen, dickwandig bis zum Verschwinden des Lumen, ziemlich ausgebildeter Membranstoff), in eine unten weitere Glasröhre aufgehängt, wurden in dieselbe mit Chlorcalcium 24 Stunden eingeschlossen und dann gemessen = a'. Dann wurde das Chlorcalcium entfernt und das untere offene Ende der Röhre in Wasser getaucht und nach 24 Stunden abermals gemessen = b'. Dann wurde die Röhre mit Wasser gefüllt, nach 24stündigem Aufenthalte der Fäden im Wasser wieder gemessen = c'. Hierbei wechselte die Temperatur des Zimmers zwischen 10° und 18° R. Endlich wurde die Röhre vom Wasser entleert und dann mit den Fäden über Chlorcalcium bei circa 30° R. getrocknet und wieder gemessen = d'. Der Betrag der grössten Verlängerung in Decimalen der ursprünglichen Länge ergiebt e'. Die Fäden 1 und 2 waren am Ende mit einem kleinen Schrotkügelchen beschwert, welches kaum schwer genug war, sie gerade zu strecken; der Faden 3 mit einem etwas schwereren Schrotkügelchen.

		a'	b'	c'	d'	e'
E.	1.	469	470	470	468,4	0,0021
	2.	434	434,5	434,5	434	0,0011
	3.	951		954,1		0,0036

F. Im Februar wurde ein Weidentrieb (*Salix alba*) des vorigen Jahres abgeschnitten, während 12 Stunden bei 10—15° R. in Wasser gestellt, dann die Rinde abgelöst und die Länge = a'' gemessen; so bestand er aus Splint, also etwas verdickten und gestreckten Zellen von nicht völlig ausgebildetem Membranstoff; das geringe Mark konnte hier vernachlässigt werden. Nun wurde der Zweig bei 10—15° R. getrocknet und die Länge = b'' abermals gemessen, endlich bei circa 30° R. 24 Stunden getrocknet und wieder die Länge = c'' bestimmt. Dann wurde der Betrag der grössten Verlängerung im feuchten Zustande in Decimalen der ursprünglichen Länge berechnet = d''.

	a''	b''	c''	d''
F.	260	259	258,5	0,0058.

G. Aus der Axe eines frischen, geraden, dicken Triebes von einer *Stapelia* wurde ein Streifen geschnitten und dessen Länge = a''', dessen Breite und Dicke = b''' bestimmt. Er bestand ganz aus dünnwandigen Parenchymzellen von völlig ausgebildetem Membranstoff. Derselbe wurde an einen Kork befestigt und so in eine Glasflasche gehängt, deren Boden mit Chlorcalcium bedeckt war. Nach 24stündigem Stehen bei einer Temperatur zwischen 10—15° R. wurde Länge = c''', Breite und Dicke = d''' abermals bestimmt und der Betrag der Ausdehnung im feuchten Zustande im Decimalbruch der ursprünglichen Länge = e''' berechnet.

	a'''	b'''	c'''	d'''	e'''
G.	189	8	174	3,5	0,086

Hierbei ist nun zu bemerken, dass bei den dünnwandigen Parenchymzellen, die aus ausgebildetem Membranstoff bestehen, zunächst die geringe Verkürzung durch Elasticität wirkt, zu welcher die unbedeutende hygroskopische Zusammenziehung der Membran hinzukommt, während die Wirkung erst durch das Zusammenfallen der Zellen in Folge des Austrocknens so auffallend wird.

Als Beispiel für die Anwendung dieser Erscheinungen zur Erklärung des Aufspringens der Kapseln wähle ich *Iris atomaria*. Die obere Hälfte der Kapselwand, die sich von den übrigen Theilen trennt und zurückschlägt, besteht aus folgenden Lagen. Zu äusserst findet sich eine Epidermis aus flachen, höchst unregelmässigen Zellen, deren Wandungen etwas gallertartig und schwach porös sind, darauf folgen nach Innen mehrere Lagen anfänglich flacher, und nach und nach etwas rundlicher werdende Parenchymzellen, deren Wände ebenfalls etwas gallertartig sind. Die Wände der Oberhautzellen sind mässig dick, ihnen schliessen sich die darunter liegenden Parenchymschichten an, die Wände werden aber immer dünner und, wie es scheint, immer

schärfer als Membranstoff ausgebildet. Ganz dünnwandige und fast von Innen nach Aussen gestreckte Zellen bilden dann eine mit vielen Intercellularräumen durchzogene innere Schicht, in welcher die Gefässbündel verlaufen. Dann folgt, fast plötzlich sich von den vorigen absetzend, eine ganz dünne Schicht von Zellen, die, ziemlich dickwandig und aus festem Membranstoff gebildet, etwa 10 Mal so lang als breit sind, die seitlich auf langen Strecken oft nur wie sternförmige Zellen durch kleine Fortsätze sich berühren, und zwar in vielfach wechselnder Richtung angeordnet doch im Ganzen so liegen, dass ihr Längsdurchmesser horizontal ist. Endlich ganz nach Innen folgt das Epithelium, aus ziemlich dickwandigen, porösen, langgestreckten Zellen bestehend, deren Längsdurchmesser fast immer mit dem der vorigen Zellen einen Winkel von 25—30^0 macht. Die ganze Kapselwand ist im frischen Zustande $1\frac{1}{2}$—2 Millim. dick. Von diesen Schichten kann sich nun die innerste sammt dem Epithelium nur sehr wenig zusammenziehen, etwa so viel als genügt, die Ränder der Klappen von einander zu reissen. Die äusseren Schichten dagegen müssen sich bedeutend zusammenziehen, sowohl der Länge als der Breite nach, daher reissen auch die Klappen zuerst auf der äussern Fläche los und trennen sich dann von der Spitze nach der Basis zu etwa bis zur Hälfte, indem sie sich nach auswärts krümmen. Hier würde nun in Folge der Structur ohne Zweifel völlige Trennung der Klappen und völliges Zurückrollen erfolgen, wenn nicht erstens die Zellen der Naht nach Unten zu derber wären*, also der Spannung widerständen, und zweitens auf der Mitte der Klappen die sehr dicke und derbe Scheidewand aufgesetzt wäre, welche sich ihrer Krümmung (wie ein Strebepfeiler) widersetzt, welche letztere Wirkung noch unterstützt wird durch die zwei auf der Aussenseite jeder Klappe vorspringenden Längsrippen.

Fast immer durch das Zusammentreffen der drei hier erörterten Erscheinungen sind die verschiedenen, hierher gehörigen Bewegungen verursacht. Es kann nicht erwartet werden, dass ich hier alle möglichen Fälle ausführlich entwickele, wozu grossentheils auch noch die nöthigen anatomischen Thatsachen in der Genauigkeit, die hier erforderlich ist, fehlen würden. Jeder wird die entwickelten Verhältnisse leicht selbst auf den einzelnen Fall, den er genauer beobachtet, anzuwenden im Stande sein. Nur als Beispiel will ich hier noch das Aufreissen der Kapsel von *Aspidium filix mas* entwickeln. Die Kapsel ist flach, fast linsenförmig. Eine Reihe von Zellen, an der einen Seite vom Stiel beginnend, bildet um den grössten Umfang einen unvollständigen Ring, indem sie an der andern Seite etwa in $\frac{1}{6}$ des Umfangs aufhört. Diese Zellen sind fast parallelepipedisch und ihre Wände sind nach der Kapselhöhle zu und da, wo sie sich gegenseitig berühren (nicht nach den Seiten und nach Aussen), sehr stark verdickt. Die Seitenwände, die in dem erwähnten $\frac{1}{6}$ des Umfangs in einander übergehen, bestehen aus sehr flachen, äusserst dünnwandigen Zellen. Die dickeren und derberen Wandungen der Zellen des Ringes werden durch's Austrocknen wenig oder gar nicht verändert, wohl aber die dünneren Wandungen derselben Zellen. Beim Entweichen der Flüssigkeit ziehen sie sich zunächst etwas elastisch zusammen und verkürzen dadurch den Abstand zwischen den äusseren Enden der dicken Wände und somit den äusseren Umfang des Ringes; indem aber die Feuchtigkeit fortfährt, zu verdunsten, und nicht in gleichem Maasse durch Luft ersetzt wird, werden die dünnen Wandungen durch den Luftdruck in die Zellen hineingedrückt und dadurch die Zusammenziehung des äusseren Umfangs des Ringes noch bedeutend verstärkt. Der innere, aus den verdickten Wandungen bestehende Umfang bleibt unverändert, erhält aber durch die zusammengezogenen Seitenwandungen, die wie Winkelhebel wirken, die Tendenz, sich gerade zu strecken. Diese Spannung dauert nun so lange, als die dünnwandigen Zellen an dem letzten $\frac{1}{6}$ des Umfangs der Zerrung widerstehen kön-

* Hiernach kann man bei allen nicht ganz sich trennenden Klappen durch die anatomische Untersuchung schon im Voraus fast bis auf die Zelle genau bestimmen, wie weit die Trennung der Klappen statthaben wird.

nen; wird die Spannung stärker, so zerreissen sie endlich in einer Querspalte und die Kapsel ist geöffnet. Ganz ähnlich ist die Sache bei den Zähnen der Mooskapseln.

§. 214.

Die zweite Art von Bewegungen zeigt sich an lebendigen, kräftig vegetirenden Pflanzentheilen und beruht vielleicht auf der Vertheilung der Säfte und der elastischen Spannung der einzelnen Zellenmembranen. Doch sind uns bis jetzt die Thatsachen selbst noch zu oberflächlich bekannt, um an eine Erklärung denken zu können. Man kann hier folgende Unterarten der Bewegungen unterscheiden:

A. Bewegungen, die offenbar von äusseren Einwirkungen abhängen, und zwar

a. Periodische.

Bei vielen Pflanzen bemerken wir, dass die Blattorgane, sowohl Stengel- als Blumenblätter, bei Nacht eine andere Richtung annehmen, als bei Tage, und dass oft sogar schon die Heiterkeit oder Trübung des Himmels diese Erscheinungen hervorruft. Man nennt dieselben seit *Linné* den Schlaf der Pflanzen. Im Allgemeinen kann man vielleicht als Regel aussprechen, dass die Pflanzentheile bei Abwesenheit des Lichts möglichst zu der Lage zurückkehren, welche sie im Knospenzustande hatten, und dass diese Lage um so genauer angenommen wird, je jünger und zarter gebildet das Blatt ist; bei älteren und derberen sind die Abweichungen zwischen Nacht und Tag geringer, bei perennirenden und lederartigen Blättern fallen sie ganz weg. Am auffallendsten sind die Erscheinungen an den zusammengesetzten Blättern der Leguminosen und Oxalideen.

Aehnliche Bewegungen zeigen sich an einigen Blüthenstielen, die sich Nachts so krümmen, dass die Blume dem Boden zugewendet wird, z. B. *Euphorbia sp.*, *Ranunculus polyanthemos*, *Draba verna*, *Verbascum blattaria.*

Einige wenige Blumenblätter verlassen, im Gegensatze damit, erst bei Eintritt der Nacht ihren Knospenzustand und kehren bei Tage wieder zu ihm zurück, z. B. *Mesembryanthemum noctiflorum.*

Die angeführten Bewegungen, insbesondere der ersteren Art, sind bei einigen Pflanzen so auffallend, dass schon *Plinius N. H. VIII*, 35, sie bemerkte. Aber erst *Linné* verfolgte sie genauer und gab darüber einen ausführlichen Bericht: *Somnus plantarum. Upsaliae* 1755 (*Amoenit. acad. IV*, *p.* 133). Später haben sich die Beobachtungen sehr vermehrt, und Jeder hat Gelegenheit, die Sache selbst zu bestätigen. Ich denke mir, dass die Ursache hier keine andere sein wird, als bei den unter *b.* zu erwähnenden Erscheinungen; aber es ist hier noch gar zu Vieles unerforscht. Zunächst müsste bei einer grösseren Reihe von Pflanzen die Anatomie der Theile, in welchen die Bewegung geschieht, mit der scrupulösesten Genauigkeit untersucht, insbesondere ganz genau der Zustand des Zellgewebes bei Tage mit dem bei Nacht verglichen und selbst genaue Messungen darüber angestellt werden. Am häufigsten und auffallendsten zeigen sich die Bewegungen allerdings da, wo der Blattstiel in den Stengel und wo die Fiederblättchen in den gemeinschaftlichen Blattstiel übergehen, insbesondere wenn die Zellgewebsanschwellung, die man Blattkissen (*pulvinus*) nennt, sehr stark ist. Gleichwohl scheinen Versuche, z. B. nach zartem Abschälen dieses Kissens, zu erweisen, dass der Grund der Bewegung nicht in diesem Theile liege, wie *Dutrochet* meinte.

Mir selbst gehen über diese und die folgenden Thatsachen dieses Paragraphen fast alle eigenen Beobachtungen ab, und ich beschränke mich daher allein darauf, das

Wesentliche der Thatsachen mitzutheilen. Ueber die Einzelheiten und insbesondere über die Resultate der, meiner Ansicht nach, zum Theil sehr ungeschickt angestellten Experimente verweise ich auf *Meyen** und *Dassen's* (von *Meyen* citirtes) Hauptwerk**, in welchem letzteren die Thatsachen am vollständigsten gesammelt zu sein scheinen. Die Schlüsse, die *Meyen* aus eigenen und fremden Versuchen zieht, sind grösstentheils unbegründet und hängen auf's Innigste mit seinem Vorurtheil einer Analogie zwischen Pflanzen und Thieren zusammen. Offenbar bringt er sehr häufig die Resultate, die er finden will, schon mit hinzu.

b. Nicht periodische.

Ganz ähnliche Bewegungen wie die, welche beim Wechsel von Tag und Nacht allmälig eintreten, zeigen die Blätter einiger Pflanzen plötzlich, oder doch sehr viel rascher, sobald irgend eine äussere chemische oder mechanische Einwirkung auf dieselben stattfindet. Folgendes sind ziemlich alle Pflanzen, an denen man diese Erscheinungen beobachtet hat:

Mimosa pudica L., M. sensitiva L., M. casta L., M. viva L., M. asperata L., M. quadrivalvis L., M. pernambucana L., M. pigra L., M. humilis Humb., M. pellita Humb., M. dormiens Humb.

Aeschinomene sensitiva L., A. indica L., A. pumila L.

Smithia sensitiva Ait.

Desmanthus stolonifer De C., D. triqueter De C., D. lacustris De C.

Oxalis sensitiva L.

Averrhoa carambola L., A. bilimbi L.

Eigenthümlich scheint die Bewegung des von einem geflügelten Blattstiel getragenen Blattes von *Dionaea muscipula Ellis*. Das Blatt ist gewimpert und auf der obern Fläche mit steifen Haaren besetzt. Bei einer Berührung dieser Fläche, z. B. durch ein Insect, klappt das Blatt längs dem Mittelnerven zusammen und die Wimpern greifen in einander, so dass der berührende Gegenstand eingeschlossen und mit ziemlicher Kraft festgehalten wird, so lange die Bewegung desselben fortdauert. Hört diese auf, so breitet sich das Blatt langsam wieder aus. Auf diese Weise bleiben unruhige Insecten so lange gefangen, bis sie todt sind.

Ferner zeigen die Fortpflanzungsorgane einiger Phanerogamen in Folge von äusseren Einwirkungen eine plötzliche Bewegung, welche die Versetzung des Pollens auf die Narbe veranlasst oder erleichtert. Beispielsweise nenne ich hier die Staubfäden von *Berberis vulgaris*, *Parietaria judaica*, den Staubweg von *Stylidium adnatum*, *graminifolium*, *Goldfussia anisophylla* u. s. w. Auch hier tritt die Bewegung ohne äussere Veranlassung ebenfalls, obwohl nicht so rasch ein.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass die vorzugsweise sogenannte Sinnpflanze (*Mimosa pudica*), die sich schon bei Erschütterung der Erde durch einen vorbeitrabenden Reiter wie erschreckt zusammenzieht, die bei einer rohen Berührung gleichsam beschämt ihre Blätter senkt, für den phantasiereichen Menschen ein willkommener Gegenstand dichterischer Behandlung sein muss, und dadurch, dass sie den alten Griechen unbekannt blieb, sind wir sicher um einen schönen Mythus ärmer. Der Naturforscher aber hat andere Zwecke zu verfolgen, andere Aufgaben zu lösen, und

---

* Physiologie, Bd. III. S. 473—562. Sehr ausführlich.

** *Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Harlem II Deel. Te Harlem* 1835, *p.* 309—346. und: *Tijdschrift voor natuurlijke Geschiedenis en Phys.* 1837, *IV. p.* 106—131.

für ihn muss diese Pflanze und ihre Verwandten zur Zeit noch ein Markstein sein, welcher ihm die Grenze seines Wissens anzeigt, und eine Warnungstafel, nicht das Gebiet mit Träumereien zu bevölkern, welches durch seine ernste Thätigkeit noch erst genauer zu erforschen ist. So viel ist aus einem Ueberblick alles Dessen, was bisher in Beziehung auf diese Pflanzen geleistet, völlig klar, dass wir selbst von dem Palpabeln der Erscheinung, von dem mit Sinnen zu erfassenden Mechanismus dieser Bewegungen nur erst die roheste Aussenseite kennen gelernt haben, und dass noch weitschichtige, mühsame Untersuchungen vorhergehen müssen, bis wir an den Punkt gelangen, wo die Frage nach der Ursache der Erscheinung, nach einer erklärenden Ableitung der Bewegung aufgeworfen werden kann. Bis dahin wird ein besonnener Naturforscher sich nicht auf die Aufstellung von erklärenden Hypothesen, ja nicht einmal auf die Kritik der von Anderen aufgestellten einlassen dürfen, indem sich das Unfruchtbare solchen Beginnens im Voraus einsehen lässt. Es wäre verschwendete Zeit, die besser der Untersuchung selbst zugewendet wird.

Meyen hat, wie schon vorher erwähnt, sich unendlich viel Mühe gegeben, hier zum Abschluss zu kommen, was ihm auch mit Hülfe einiger halsbrechenden Sprünge im Schliessen zu gelingen scheint. Wie wenig aber in der That hier noch sicher steht, zeigten mir einige Versuche, die einzigen, die ich einmal an einer Mimosenpflanze anzustellen Gelegenheit hatte, indem dieselben fast allen von *Meyen* mitgetheilten Angaben direct widersprechende Resultate lieferten. Die Sache hing so zusammen. *Meyen* experimentirte an sehr empfindlichen, in hoher Temperatur gehaltenen Pflanzen und meint, dies sei der einzige Weg, um zu richtigen Resultaten zu kommen. Das widerspricht nun der ganz alltäglichen physiologischen Praxis, indem man zu Experimenten gerade vorzugsweise die am wenigsten reizbaren und zähesten Organismen auswählt, damit die nicht beabsichtigten, aber unvermeidlich mit dem Experiment verbundenen Nebeneingriffe möglichst geringe und daher zu vernachlässigende Erscheinungen hervorrufen. Eine Mimose, die so empfindlich ist, dass sie schon bei blosser Erschütterung des Bodens alle Blätter zusammenlegt, ist wohl nicht dazu geeignet, zu zeigen, dass sie bei Durchschneidung ihrer Gefässbündel nur einige bestimmte Blätter zusammenlegt. Ich liess daher absichtlich die Pflanze erst einige Zeit in niederer Temperatur vegetiren, so dass sie geringere Erschütterungen ertrug, ohne ihre Blätter zusammen zu legen, und da fand ich denn fast Alles anders, als *Meyen* angegeben. Mir schien dabei sich zu ergeben, dass der Verlust an Saft unterhalb eines Blattes stets ein Senken des Blattes zur Folge hatte, welches so lange anhielt, bis die Wunde durch das Gerinnen des Saftes geschlossen war. Ich halte es aber nicht der Mühe werth, diese vereinzelt stehenden Beobachtungen ausführlich mitzutheilen, da sie ohnehin, so lange der Mechanismus der Bewegung selbst noch so gänzlich unbekannt ist, doch nur zum haltungslosen Rathen nach einer Ursache Veranlassung geben könnten. Ich kann hier nur aussprechen, dass uns bis jetzt nicht nur die Ursache, sondern das Specielle der Thatsache selbst völlig unbekannt ist, und dasselbe gilt von den Bewegungen aller übrigen genannten Pflanzen.

B. Scheinbar nicht von äusseren Einwirkungen abhängige Bewegungen, und zwar

a. Periodische.

Diese zeigen sich nur an einigen tropischen *Hedysarum*-Arten, namentlich *H. gyrans L.* und *gyroides Roxb.* Die Bewegung der ersten Pflanze ist am genauesten bekannt, und zwar eine doppelte. Das zusammengesetzte Blatt besteht hier aus einem Paar kleiner seitlichen Fiederblättchen und einem grossen Endblatte. Dies letztere und der gemeinschaftliche Blattstiel bewegen sich auf und nieder nach der verschiedenen Intensität des Lichtes, und besonders ist das Endblatt in seinen Stellungsveränderungen das feinste Photometer. Diese Bewegungen entsprechen offen-

bar den unter *A. a.* angeführten. Die beiden Seitenblättchen sind aber in einer beständigen schwingenden Bewegung, indem jedes Blättchen mit seiner Spitze einen kleinen Kreis beschreibt, aber so, dass die Axen beider Blättchen stets in einer geraden Linie bleiben. Diese Bewegung ist ganz unabhängig von Licht, von Tag und Nacht, und wird nur beschleunigt durch Wärme und üppiges Vegetiren der ganzen Pflanze. Von einer Erklärung kann hier auch nicht im allerentferntesten die Rede sein.

b. Nicht periodische.

Solche Bewegungen finden bei den meisten Phanerogamen zum Behuf der Uebertragung des Pollens auf die Narbe statt, indem sich Staubfaden und Narbe einander nähern, dadurch dass bald der eine, bald der andere Theil, bald beide ihre Stellung verändern. Bei vielen Pflanzen legen sich auch die Staubfäden wiederum in eine andere Lage, nachdem sie den Pollen ausgestreut haben. Auch diese Bewegungen können ihre Erklärungen erst zugleich mit den übrigen erwarten.

§. 215.

Höchst auffallend sind die Erscheinungen, welche die Oscillatorien, eine kleine Algengattung, zeigen. Sie erscheinen als kurze Fäden, aus mehr breiten als langen cylindrischen Zellen an einander gereiht, erfüllt mit grünem Stoff und verschiedenartigem, theils flüssigem, theils granulösem Inhalt. Die Spitze jedes Fadens ist etwas verjüngt und abgerundet, häufig wasserhell und farblos. So lange sie lebhaft vegetiren, zeigen diese Fäden eine dreifache Bewegung, eine abwechselnde geringere Krümmung des vordern Endes, ein halb pendelartiges, halb elastisches Hinundherbiegen der vordern Hälfte, und ein allmäliges Vorrücken. Diese Bewegungen beobachtet man oft alle zugleich, oft einzeln. Die Ursachen sind völlig unerforscht.

Die Bewegungen der Oscillatorien haben etwas Seltsames, ich möchte sagen Unheimliches, an sich. Ich will meine Ansicht, die aber ganz auf subjectivem Gefühle beruht, nicht verhehlen, dass mir ihre Stellung im Pflanzenreiche noch zweifelhaft erscheint. Auf jeden Fall scheint es mir hier ein sehr unreifes Urtheil anzudeuten, wenn man, wie *Meyen**, diejenigen, die eine solche Behauptung aussprechen, mit blosser Ironie glaubt abfertigen zu können; dazu ist unsere Kenntniss dieser Organismen noch viel zu mangelhaft, und wenn selbst *Ehrenberg* sie noch zu den Pflanzen rechnet, so ist das nicht, wie *Meyen* glaubt, ein Beweis von ihrer vegetabilischen Natur, sondern von *Ehrenberg's* bescheidener Umsicht, die ihn nie weiter gehen lässt, als seine genauen und sichern Beobachtungen reichen, eine Eigenschaft, von der *Meyen* ein grösserer Antheil zu wünschen gewesen wäre.

Meyen stellt hiermit noch die Bewegungen der *Spirogyra* zusammen, die sich spiralig zusammenzieht und so bleibt; ich habe es nie beobachtet, will es aber damit nicht leugnen. Wenn er aber angiebt, dass die Pflanze auch an den Wänden des Gefässes, wenn sie lebt, hinaufkrieche, was keine andern Algen thun sollen, so ist die letzte Behauptung falsch und das Gegentheil leicht zu beobachten, die Thatsache selbst aber sehr natürlich, denn die Alge wächst am Glase hinauf, indem ihr das Wasser, dessen sie bedarf, in Folge der Capillarität folgt.

---

* Physiologie, Bd. III. S. 563.

Alle übrigen sich bewegenden sogenannten Algen aus der Familie der Bacillarien, Desmidien u. s. w. sind, nach *Ehrenberg's* Beobachtungen in Bezug auf ihre Pflanzennatur zu zweifelhaft, um ihnen hier Raum zu gönnen.

Zweites Capitel.

Specielle Organologie.

§. 216.

Die specielle Organologie hat die Aufgabe, die Functionen der einzelnen Organe der Pflanzen zu entwickeln. Grösstentheils ist hier nur übersichtlich noch einmal zusammenzustellen, was schon an andern Orten des Buchs vorgekommen. Das Ergebniss des Ganzen wird sein, dass, mit Ausnahme der Fortpflanzungsorgane, die Pflanze gar keine physiologisch bestimmten Organe, die nur einer bestimmten Function vorständen, besitzt. Vieles ist hier freilich noch mangelhaft, und insbesondere für die Angiosporen fehlen uns hier fast alle Beobachtungen.

Die beste Vertheilung des Stoffes wird sein, die Fortpflanzungsorgane und die übrigen (als Vegetationsorgane) abgesondert zu betrachten, bei ersteren in Kryptogamen und Phanerogamen, einschliesslich der Rhizocarpeen, bei letzteren in Angiosporen und Gymnosporen abzutheilen.

A. Vegetationsorgane.

a. *Angiosporen.*

§. 217.

Da bei der ganzen Gruppe der Angiosporen eigentlich an keine Organe zu denken ist, so kommen hier nur die Gewebe und Elementartheile in Frage; nur für die Haftorgane kann man ihre Bestimmung zur Befestigung der Pflanze an einen bestimmten Ort angeben; die meisten wachsen aber auch losgerissen fort. Die ganze äussere Oberfläche ist hier bestimmt, Nahrungsflüssigkeit aufzunehmen; das ist Alles, was wir von diesen Pflanzen wissen. Bei den Flechten können die grünen, runden Zellen unter der Rindenschicht hervortreten und zerstreut zu neuen Pflanzen werden; wahrscheinlich ist Aehnliches bei den anderen Ordnungen nur noch nicht beobachtet.

---

b. *Gymnosporen.*

§. 218.

Blatt und Axe als Grundorgane haben keine bestimmte physiologische Function, wenn man die ausnimmt, die ihnen in ihrer Umwandlung zu Fortpflanzungsorganen zukommt. Da die Axe aber das ursprünglich alle Theile Verbindende und allein das Dauernde, das Blatt dagegen das spätere Abhängige, Abgeschlossene und Vergäng-

liche ist, so kann man sagen, dass ersteren vorzugsweise die Function der Vertheilung der Säfte zukomme, denn durch sie müssen alle Strömungen gehen. Durch das Blatt dagegen gehen vorzugsweise die Ausscheidungsprocesse vor sich.

§. 219.

Den verschiedenen Erscheinungsweisen der Axe kann man durchaus keine wesentlich verschiedenen Functionen beilegen. Was zunächst den Unterschied ihrer beiden Pole, der Wurzel und der Axe, im engern Sinne betrifft, so ist die erstere häufig Haftorgan, welches die Pflanze an einen bestimmten Ort befestigt und da, wo sie hauptsächlich mit flüssigen Stoffen in Berührung kommt, dient sie auch insbesondere der Aufnahme von Nahrung; zugleich ist sie ausscheidendes Organ, und perennirend dient sie durch Knospenbildung der Fortpflanzung. Dass keine dieser Functionen wesentlich und ausschliesslich an sie geknüpft sei, beweist ihr gesetzmässiges Fehlen bei den Moosen und Lebermoosen, und der unentwickelte und zu allen Functionen untaugliche Zustand, in welchem sie bei so vielen andern Pflanzen verharrt, z. B. viele Gräser, *Nelumbium* u. s. w., endlich ihr frühes Absterben bei andern, z. B. bei Farnkräutern, Palmen, *Cuscuta* u. s. w. Nicht bei allen genannten Pflanzen wird sie durch Nebenwurzeln ersetzt, die die genannten Functionen ganz oder theilweise übernehmen könnten; so bleibt z. B. *Ceratophyllum* in jeder Beziehung völlig wurzellos.

An der Axe im engern Sinne kann man nur nach den anatomischen Systemen, nicht nach der Umänderung zu verschiedenen (morphologischen) Organen die Functionen vertheilen. Die Gefässbündel, wo sie vorhanden sind, dienen in ihren jüngsten Theilen (dem Cambium) der Saftbewegung, in ihren älteren Theilen nur mechanisch als steifer, fester Halt (als Skelet) der Pflanze. Das Parenchym assimilirt, bildet alle eigenthümlichen Stoffe, die in der Pflanze vorkommen; mit seinen äusseren Theilen (Rinde und Epidermis) dient es der Aufnahme von Nahrungsflüssigkeit und somit auch der Ausscheidung bei den untergetauchten Pflanzen, der Respiration und Transspiration bei den der Luft ausgesetzten Theilen und Pflanzen. Im späteren Zustande, nach eingetretener Kork- und Borkenbildung, dient die Rinde als schlechter Wärmeleiter auch zur Erhaltung der Wärme im Innern der Pflanze. Endlich ist die Axe wegen der häufigen regelmässigen und unregelmässigen Knospenbildung ein wichtiges Organ der Fortpflanzung. In eigenthümlichen Formen als Ranke, oder bei den Schlingpflanzen wird auch die Axe Haftorgan.

§. 220.

Die Blätter, meistens sehr unabhängig von einander, zeigen hinsichtlich der in ihnen vorgehenden chemischen Processe grosse Verschiedenheiten, z. B. Stengelblätter und Blumenblätter. Die Stengelblätter sind häufig als diejenigen Pflanzentheile, die an der Luft die grösste Fläche ausbreiten, vorzugsweise die Organe der Respiration und Transspiration, so wie mannigfacher Ausscheidungen. Bei den unter Wasser wachsenden Pflanzen dienen sie der Aufnahme flüssiger Nahrungsmittel. Durch ihre Knospenbildung werden sie Fortpflanzungsorgane. Die Blätter in der Nähe der Befruchtungstheile zeigen gar oft eine sehr kümmerliche Vegetation, leicht sterben sie ganz (z. B. der Pappus, die Bracteen und Bracteolen der Paronychien und ähnliche Erscheinungen) oder doch grossentheils ab (z. B. die vielen weissen Blüthentheile), oder sind in sofern todt, als ihre Zellen von einzelnen oder

wenigen und zur Unterhaltung eines chemischen Processes nicht geeigneten Stoffen ganz erfüllt sind (wie die meisten farbigen Deckblätter und Blüthentheile). Nur Kelch- und Fruchtblätter zeigen in der Regel eine lebhaftere, von der der Stengelblätter nicht verschiedene Vegetation.

Allen Blättern ohne Ausnahme kommt noch die Function zu, in ihrem früheren Zustande durch festes Zusammenschliessen zur Knospe die zarten, sich neu bildenden Theile gegen die Einwirkungen der austrocknenden Luft und der leicht Fäulniss bewirkenden übermässigen Nässe des Regens zu schützen, bis die Entwickelung ihres Oberhautsystems dieselben fähig macht, selbst diesen Schädlichkeiten trotzen zu können. Diese letztere Bedeutung scheint insbesondere für die Blüthendecken die einzig wesentliche zu sein, und man kann, sobald die Blume sich geöffnet hat, bei den meisten die Blüthendecken entfernen, ohne der Ausbildung des Saamens und der Frucht im Geringsten Abbruch zu thun, wenn sie nicht etwa auch jetzt noch dazu dienen, die zarten Fortpflanzungsorgane gegen Regen u. s. w. zu schützen, oder wenn man nur der nach ihrer Entfernung vielleicht unmöglich gewordenen Uebertragung des Pollens auf die Narbe durch Insecten eine künstliche Uebertragung substituirt. In bestimmten Formen als Ranken sind die Blätter auch Haftorgane.

B. Fortpflanzungsorgane.

a. *Kryptogamen.*

§. 221.

Bei den Angiosporen finden wir nur die Sporangien, denen wir als Mutterzellen der Sporen eine bestimmte Function, nämlich eben diese zu bilden, zuschreiben können. Ueber die Bedeutung der übrigen Theile der Sporenfrüchte wissen wir nichts, und es ist auch höchst unwahrscheinlich, dass ihnen eine andere als morphologische Bedeutung beizulegen ist. Was von den sogenannten Antheren der Pilze zu halten, ist schon früher (S. 278) erörtert worden.

Bei den kryptogamischen Gymnosporen sind es ebenfalls die Mutterzellen der Sporen, welche als solche eine wichtige Function ausüben. Die Sporenfrüchte dienen nur zu Behältern der Sporen und um durch ihre hygroskopischen Eigenschaften das Ausstreuen der Sporen zu erleichtern und zu regeln. Von den Antheridien ist so viel gewiss, dass bis jetzt auch nicht eine einzige Thatsache existirt, welche auch nur entfernt darauf hindeutete, dass sie in irgend einer Beziehung zum Fortpflanzungsgeschäft ständen. Alles bisher darüber Vorgebrachte ist eine nur nach entschieden falschen Analogien ausgesponnene Phantasie.*

Insbesondere ist nur noch zu bemerken, dass wir völlig im Dunkeln darüber sind, welche eigenthümliche Bedeutung für die Entwickelung der Spore etwa die äussere Sporenhaut haben könne; möglich ist, dass sie hauptsächlich dazu bestimmt ist, durch ihre Unzerstörbarkeit die zarte Sporenzelle gegen schädliche Einwirkungen, zumal gegen übermässige Feuchtigkeit, zu schützen, bis diese selbst nach wieder begonnener Entwickelungsthätigkeit im Stande ist, das Fremde zu assimiliren.

* Vergl. die Vorrede.

b. *Phanerogamen.*

§. 222.

In den Antheren bilden die Mutterzellen den Pollen, bei dem wir der oft in zierlichem Formenreichthum sich entwickelnden äussern Haut keine andere Bedeutung beilegen können, als am Ende des vorigen Paragraphen für die Sporen entwickelt. Die als ächte Nectarien, das heisst als süsse Säfte absondernde Flächen oder Organe, sich zeigenden Bildungen stehen mit der Fortpflanzung in keinem nur irgend zu errathenden organischen Zusammenhange, wohl aber dienen sie dazu, die Insecten, denen so häufig die Uebertragung des Pollens auf die Narbe anheimgestellt ist, anzuziehen.

Die Saamenknospe ist dazu bestimmt, den Pollenschlauch aufzunehmen. Sie wird von dem Fruchtknoten, der ihr zugleich den Pollenschlauch zuleitet, ebenso geschützt, wie der lebendige Terminaltrieb durch die äusseren Blätter der Knospe. Der wichtigste Theil der Saamenknospe ist der Keimsack, weil sich in ihm (mit Ausnahme der Rhizocarpeen) der Embryo entwickelt. Welchen Einfluss hier der Keimsack ausübt, wissen wir durchaus noch nicht.

Gewiss ist, dass Pollenkörner auch anderswo, als auf der Narbe ächte Schläuche treiben; gewiss, dass viele Pollenschläuche durch Narbe und Staubweg in die Fruchtknotenhöhle hinabsteigen, ohne sich zum Embryo umzubilden, weil sie nicht in die Saamenknospe gelangten. Aber gewiss ist auch, dass die Schläuche bei den Rhizocarpeen nicht in unmittelbare Berührung mit dem Keimsacke kommen, sondern beständig von ihm durch eine dünne Zellenlage getrennt sind. Aeusserst merkwürdig ist ferner eine Beobachtung, die ich früher* schon mittheilte, dass nämlich in die Saamenknospe einer Orchidee zwei Pollenschläuche eingetreten waren, von denen nur der eine, durch den Innenmund dringend, den Embryosack erreicht und, diesen verdrängend, auf gewöhnliche Weise zum Embryo geworden war, während der andere, zwischen äusserer und innerer Knospenhülle eingeschoben, welche letztere nur aus einer sehr zarten Zellenlage besteht, sich zu dem Rudiment eines Embryo entwickelt hatte (gleichsam eine *graviditas extrauterina*) (Kupfertafel IV. Fig. 6). Es scheint also, dass sich der Einfluss des Keimsacks auf einige Entfernung ausdehnen könne; welcher Art aber derselbe sei, ist uns gänzlich verborgen und auch um so schwieriger auszumachen, da uns zunächst die wichtigsten Grundlagen, nämlich genaue chemische Untersuchungen des Inhalts des Pollenschlauchs und des Keimsacks wohl noch lange abgehen werden. Ich möchte hier an *Caspar Fr. Wolff's* Ausdruck erinnern: *nutrimentum magnum in minima mole.* Zu angeblichen Analogien mit der Zeugung bei den höheren Thieren ist zur Zeit noch um so weniger Gelegenheit, und müssen diese um so mehr Spiele des Witzes müssiger Köpfe bleiben, als uns gerade dieser Vorgang und die Rolle, welche die einzelnen Stoffe dabei spielen, bei den Thieren selbst noch völlig im Dunkel gehüllt sind.**

§. 223.

In späteren Perioden wird die sich bildende Keimpflanze entschieden vom Keimsack aus ernährt, und auch später, in den ersten Stadien der Keimung, dienen die im Endosperm abgelagerten assimilirten Stoffe zur Ernährung der Keimpflanze; gleiche Function hat der Knospenkern als Perisperm und was seine Stelle vertritt. Die zur Saamenschale umgebildeten Knospenhüllen schützen die zarte Keimpflanze; dasselbe

* *Acta Acad. C. L. C. N. C. Vol. XIX. P. I. p.* 46, bei *Orchis latifolia.*
** Vergl. die Vorrede.

thut während der Entwickelung die Fruchtschale, die später durch ihre Hygroskopicität oft die Ausstreuung des Saamens vermittelt. Zuweilen mögen auch die saftigen Theile der Frucht noch dazu dienen, durch ihr Verfaulen der jungen Pflanze einen nahrhaften Boden für ihre erste Entwickelung zu bereiten.

Schlusswort.

Die Unzulänglichkeit und Mangelhaftigkeit unserer allgemeinen Botanik wird allgemach von tüchtigen Forschern anerkannt. Man hat geglaubt, von grösserer Ausbildung der Physiologie und Anatomie Besserung erwarten zu dürfen, und selbst der Systematik von dorther die Hülfe versprochen. Die Dürftigkeit der Physiologie, wie ich sie vorstehend, befreit von allem ihr nicht Gehörigen, gewöhnlich aber in sie Eingemengten, gegeben, lässt dazu wenig Hoffnung übrig. Dem aufmerksamen Leser der Morphologie wird nicht entgangen sein, dass die Anatomie auch nicht viel erwarten lässt. Woher soll denn Rath kommen? Von der Betrachtung der äusseren Formen, aber nicht in der Weise, wie sie bisher principlos und oberflächlich getrieben, sondern von dem Erstreben einer Morphologie als Wissenschaft, deren Princip nur die Entwickelungsgeschichte sein kann. Diesen Weg zu weisen und nach besten Kräften den Eingang zu gewinnen und zu reinigen, war in diesem Werke meine Aufgabe. Mögen bessere Männer das Werk fortführen; ich erkenne freudig an, dass die letzten Jahre diesem Wunsche, den ich 1845 zuerst aussprach, bereits reichliche Gewährung gebracht haben.

Anhang.

A. Analytische Belege zu dem Abschnitt über die Ernährung der Pflanzen.

I. Boussingault's Culturversuche

mitgetheilt in seiner Economie rurale Vol. 2.

a. Tabellen über den Wassergehalt der in Boussingault's Versuchen analysirten Pflanzenstoffe.

	Trockne Mat. (bei 110° C. getrocknet.)	Wasser.
Weizen	0,855	0,144
Roggen	0,834	0,166
Hafer	0,792	0,208
Weizenstroh	0,740	0,260
Roggenstroh	0,813	0,187
Haferstroh	0,713	0,287
Kartoffeln	0,241	0,759
Runkelrüben	0,122	0,878
Steckrüben	0,075	0,925
Topinambour	0,208	0,792
Erbsen	0,914	0,086
Erbsenstroh	0,882	0,118
Kleeheu	0,790	0,210
Topinamburstengel	0,871	0,129

b. Zusammensetzung des Düngers,

bei 110° C. im leeren Raum getrocknet.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
I.	32,4	3,8	25,8	1,7	36,3
II.	32,5	4,1	26,0	1,7	35,7
III.	38,7	4,5	28,7	1,7	26,4
IV.	36,4	4,0	19,1	2,4	38,1
V.	40,0	4,3	27,6	2,4	25,7
VI.	34,5	4,3	27,7	2,0	31,6
Mittel	35,8	4,2	28,8	2,0	32,2

Die Analyse zeigt, dass die Düngerquantität, die den Boden (1 Hectare = 4 althessische Morgen zu 40,000 □Fuss) während einer fünfjährigen Fruchtfolge düngen soll, enthält:

(1 Kilogramme = 2,138 . . Pfd. preuss.)

	Kilogr.
Kohlenstoff	3637,6
Wasserstoff . . .	426,8
Sauerstoff	2521,5
Stickstoff	203,2
Salze und Erden . .	3271,9
Trockner Dünger . .	10161,0

c. Zusammensetzung der geernteten Producte,

im leeren Raum bei 110° C. getrocknet.

	Mit der Asche.					Nach Abzug der Asche.			
	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Weizen	46,1	5,8	43,4	2,3	2,4	47,2	6,0	44,4	2,4
Roggen	46,2	5,6	44,2	1,7	2,3	47,3	5,7	45,3	1,7
Hafer	50,7	6,4	36,7	2,2	4,0	52,9	6,6	38,2	2,3
Weizenstroh	48,4	5,3	38,9	0,4	7,0	52,1	5,7	41,8	0,4
Roggenstroh	49,9	5,6	40,6	0,3	3,6	51,8	5,8	42,1	0,3
Haferstroh	50,1	5,4	39,0	0,4	5,1	52,8	5,7	41,1	0,4
Kartoffeln	44,0	5,8	44,7	1,5	4,0	45,9	6,1	46,4	1,6
Runkelrüben	42,8	5,8	43,4	1,7	6,3	45,7	6,2	46,3	1,8
Steckrüben	42,9	5,5	42,3	1,7	7,6	46,3	6,0	45,9	1,8
Topinambour	43,9	5,8	43,3	1,6	6,0	46,0	6,2	46,1	1,7
Gelbe Erbsen	46,5	6,2	40,0	4,2	3,1	48,0	6,4	41,3	4,3
Erbsenstroh	45,8	5,0	35,6	2,3	11,3	51,5	5,6	40,3	2,6
Roth. Kleeheu	47,4	5,0	37,8	2,1	7,7	51,3	5,4	41,1	2,2
Topinambourstengel . . .	45,7	5,4	45,7	0,4	2,8	47,0	5,6	47,0	0,4

d. Die Versuche selbst.

I. Umlauf.

Jahrgang.	Substanzen.	Ernte auf d. Hectar.	Trockne Ernte.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1.	Kartoffeln .	12800	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
2.	Weizen . .	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
	Weizenstroh	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
3.	Klee (Heu) .	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4.	Weizen .	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Weizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Steckrüben	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5.	Hafer . .	1344	1064	539,5	68,0	330,5	23,3	42,6
	Haferstroh .	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
	Summe	40418	17791	8383,1	973,3	7172,9	250,7	1010,9
	Verwendeter Dünger	49086	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
	Differenz		+ 7363	+ 4747,5	+ 546,5	+ 5551,4	+ 47,5	— 2261,0

II. Umlauf.

Jahrgang.	Substanzen.	Ernte auf d. Hectar.	Trockne Ernte.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1.	Runkelrüben .	26000	3172	1357,7	184,0	1376,7	53,9	199,8
2.	Weizen. . .	1185	1013	467,0	58,8	439,6	23,3	24,3
	Weizenstroh .	2693	1993	964,0	105,6	775,3	8,0	139,5
3.	Klee (Heu) .	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4.	Weizen . .	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Weizenstroh .	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Rüben . . .	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5.	Hafer . . .	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
	Haferstroh .	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
	Summe	53101	17478	8192,7	956,5	7009,0	254,2	1065,5
	Verwendeter Dünger .	49080	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
	Differenz		+ 7317	+ 4555,1	+ 529,7	+ 4387,5	+ 51,0	− 2206,4

III. Umlauf.

Jahrgang.	Substanzen.	Ernte auf d. Hectar.	Trockne Ernte.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1.	Kartoffeln .	12809	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
2.	Weizen . .	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
	Weizenstroh .	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
3.	Klee (Heu) .	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4.	Weizen . .	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Weizenstroh .	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Steckrüben .	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5.	Erbsen . . .	1092	998	464,1	61,9	399,2	41,9	30,9
	Erbsenstroh .	2790	2461	1127,3	123,0	876,1	56,6	278,1
6.	Roggen . .	1679	1394	644,0	78,1	616,1	23,7	23,1
	Roggenstroh .	3731	3033	1513,5	169,8	1231,4	9,1	109,2
	Summe	46566	23330	10949,7	1268,8	9404,8	353,6	1353,2
	Verwendeter Dünger	58900	12192	4364,2	512,2	3145,5	243,8	3925,8
	Differenz		+ 11138	+ 6585,5	+ 756,6	+ 6259,3	+ 109,8	− 2572,6

IV. Umlauf.

Jahrgang.	Substanzen.	Ernte auf d. Hectar.	Trockne Ernte.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1.	Gedüngtes Brachfeld	—	—	—	—	—	—	—
2. u. 3.	Weizen . .	3318	2836	1037,4	164,5	1230,8	65,2	68,1
	Weizenstroh	7500	5550	2686,2	294,2	2159,0	22,2	388,5
	Summe	10818	8386	3993,6	458,7	3389,8	87,4	456,6
	Verwendeter Dünger	20000	4140	1284,5	173,3	1068,1	82,8	1333,1
	Differenz		+ 4246	+ 2511,5	+ 284,8	+ 2321,7	+ 4,6	− 876,5

V. Topinambour-Cultur.

Jahr.	Substanzen.	Ernte auf d. Hectar.	Trockne Ernte.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1. 2.	Topinambour	52880	11020	4763,0	638,0	4763,0	176,0	660,0
	Holz. Stengel	28200	24542	11224,7	1326,3	11224,7	98,2	687,0
	Summe	81080	35562	15987,7	1964,3	15987,7	274,2	1347,2
Verwendeter Dünger		45450	9408	3368,1	395,1	2427,3	188,2	3029,3
Differenz			+ 26154	+ 12619,6,	+ 1569,2	+ 13560,4	+ 86,0	— 1682,1

e. Uebersicht aller Versuche.

Umlauf.	Trockner Dünger auf 1 Hectare in Jahr.	Stickstoffgehalt des Düngers.	Trockne Ernte in 1 Jahr.	Stickstoff der Ernte.	Gewinn an organischer Materie.	Gewinn an Stickstoff.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1.	2032	40,6	3558	50,1	1526	9,5
2.	2032	40,6	2495	50,8	1463	10,2
3.	2032	40,6	3888	58,9	1856	18,5
4.	1360	25,8	2795	29,1	1435	3,3
5.	4704	94,1	17781	137,1	13087	42,0

I. Luzernecultur des Herrn Crud mitgetheilt und berechnet von Boussingault (a. a. O.).

Luzerneheu enthält im Mittel in 100 Theilen 2,35 Stickstoff.

Culturpflanze.	Ernte für die Hectare in Kilogr.	Stickstoffgehalt in Kilogr.
1. Jahr Luzerneheu	3360	79
2. - - -	10080	237
3. - - -	12500	294
4. - - -	10080	237
5. - - -	8000	188
6. - Weizen Korn	1580	31
6. - Weizen Stroh	3976	12
		1078
Verwendeter Dünger	44000	224
Stickstoffüberschuss		854
- - - für das Jahr.		142

II. Ueber die Aschenmengen einiger Pflanzen.

100 Theile enthalten	Asche
a. Monocotyledonen.	
Haferstroh	5,10
-	7,18
Gerstenstroh	5,86
Roggenstroh	2,88
- -	3,70
Weizenstroh	3,78
- -	7,00
- - (brandig)	3,22
Maisstroh	2,30
- -	4,82
- -	6,50

100 Theile. enthalten	Asche
Hirsestroh	8,32
Haferhülsen	6,03
- -	6,99
Englisches Roygrass	8,66
- -	11,46
Eriophorum vaginatum	3,16
Carex caespitosa	7,50
Haferkörner	1,81
- -	2,22
Gerste	2,37
-	2,71
Roggen	2,40
-	2,42

100 Theile enthalten	Asche
Weizenkörner	1,90
- -	2,40
- -	2,62
- -	5,01
- - (brandig)	2,80
Hirse	3,88
Hafer mit Hülsen	4,00

b. *Hölzer.*

Lärchenholz	0,32
Tannenholz	0,33
- -	0,83
Birken -	1,00
Eichen -	2,50
Buchen -	0,32
Wallnuss-	1,57
Linden -	5,00
Reben -	2,25
- -	2,52
- -	2,69
- -	2,83
- -	3,69
Apfel -	1,29
Vogelkirschenholz	0,28

c. *Rinden.*

Tannenrinde	1,78
Eichen -	6,00
Buchen -	6,62
Vogelkirschenrinde	10,37

d. *Stengel krautartiger Dicotyledonen.*

Hopfenstengel	3,74
Hanf -	3,74
- -	4,54
Buchweizenstroh	4,13
Rapsstroh	4,57
Leindotterstengel	6,05
Leinpflanzen	3,67
- -	4,54
- -	5,00
- -	5,43
- -	5,57
Bohnenstroh	3,47
Erbsenstroh	5,04
- -	9,55
- -	11,30
Wickenstroh	5,11
- -	6,89
Wickenstengel	12,10
Linsenstroh	5,38
Kartoffelkraut	15,00
- -	19,80

e. *Ganze Pflanzen.*

Vogelknöterich	3,82
Wegerich, schmalblättriger	7,50
- - breitblättriger	8,26
Schöllkraut	6,85
Kornrade	13,20

100 Theile enthalten	Asche
Wiesenpimpinelle	5,00
Schotenklee (gehörnter)	6,40
- - (Sumpf-)	2,00
Hufeisenklee	3,93
Wiesenplatterbse	4,68
Hopfenklee	5,79
Vogelklaue	7,50
Haidekraut	1,95
Steinpimpinelle	5,38
Kümmel	8,75
Bärenklau	10,71
Schierling	12,80
Maasliebchen	4,50
Kornblumen	7,32
Aechte Kamille	8,51
- -	9,61
Feldkamille	9,66

f. *Blätter.*

Tannennadeln	2,31
Fichtennadeln	6,25
Pappeln	23,00
Rothbuchen	6,00
Eichen	9,80
Weissbuchen	10,51
Ulmen	16,33
Hanf	22,00
Hopfen	13,60
Spinat	19,76
Runkeln	21,50
Ahorn	28,05
Eschen	14,76
Akacien	18,20
Klee	7,70
Turnips	9,39
Taback	19,80
-	22,20
-	23,00

g. *Wurzeln und Knollen.*

Runkeln	3,48
-	5,05
-	5,51
-	6,20
-	6,30
-	14,16
Steckrüben	7,60
Klee	12,60
Kartoffeln (gesund)	3,90
- -	4,00
- -	4,70
- (krank)	5,80
Topinambour	5,90
-	6,00

h. *Saamen.*

Fichten	4,47
Kiefern	4,98
Hanf	5.60
Weisser Senf	4,14
Schwarzer Senf	4,31
Leindotter	4,10

100 Theile enthalten	Asche
Lein	4,63
Trauben	2,76
Buchweizen	2,12
Linsen	2,06
Erbsen	3,00
-	3,10
Weisse Bohnen	3,00
- -	3,29
Wicken	3,40
Schminkbohnen	3,50
Saubohnen	4,00

i. *Einige andere Pflanzentheile.*

100 Theile enthalten	Asche
Wickenhülsen	10,80
Leindotterkapseln	4,13
Traubenschalen	3,74

III. Ueber den Aschengehalt einiger Culturpflanzen.

	Namen der Pflanzen und der Untersucher.	Kali und Natron-salze.	Kalk- u. Talk-salze.	Phosphor-saure Salze.	Kiesel-erde.
Kieselpflanzen	Hafer (Stroh und Saamen, *Wiegmann* u. *Polsdorff*)	34,00	4,00		62,00
	Gerste (Stroh und Saamen, *Wiegmann* u. *Polsdorff*)	19,00	25,70		55,03
	Heu (*Haidlen*)	5,50	28,60	21,10	60,10
	Roggenstroh (*Fresenius*)	18,65	16,52	6,98	63,89
	Weizenstroh (*de Saussure*)	22,00	7,20	11,20	61,05
	Gerstenstroh (*de Saussure*)	20,00(?)	20,25	7,75	57,00
Kalk- Talk- pflanzen	Wiesenklee (*Wiegmann* u. *Polsdorff*)	39,20	56,00		4,90
	Luzerne (*Hertwig*)	36,13	60,73	13,52	2,26
	Taback (deutscher, *Hertwig*)	23,07	62,23	17,95	15,25
	Taback (Havanna, *Hertwig*)	24,34	67,44	9,04	8,30
	Kartoffelkraut (*Berthier, Braconnot*)	4,20	59,40		36,40
	Kartoffelkraut (*Hertwig*)	6,97	53,17	9,78	29,81
	Erbsenstroh (*Hertwig*)	27,81	61,38	11,62	7,81
		20,05	60,08	12,61	15,54
Kali- Natron- pflanzen	Maisstroh (*de Saussure*)	71,00	6,50	14,70	18,00
	Weisse Rüben (*Liebig*)	81,60	18,40		
	Runkelrüben (*Hruschauer*)	88,00	12,00		
	Kartoffeln (*Hruschauer*)	85,81	14,19		
	Topinambour (*Braconnot*)	84,30	15,70		
Phosphorpflanzen	Weizen (rother, *Fresenius*)	86,64	22,96	104,64(?)	0,15
	Weizen (weisser, *Will*)	52,98	38,02	91,67	0,30
	Roggen (*Fresenius*)	65,16	32,12	96,18	0,50
	Erbsen (*Will*)	71,50	24,55	85,46	
	Saubohnen (*Büchner*)	71,54	28,46	97,05	
	Mais (*de Saussure*)			83,05	1,00
	Gerste (*de Saussure*)			76,70(?)	0,5(?)

IV. Verhältniss des Stickstoffs und der Phosphorsäure in den Nahrungspflanzen nach den Bestimmungen von Boussingault (a. a. O.).

Nahrungsmittel.	Aschenbestandtheile.	Stickstoff.	Phosphorsäure.
Heu	62,33	11,50	3,57
Kartoffeln	9,64	3,70	1,09
Runkelrüben	7,70	2,10	0,46
Steckrüben	5,70	1,30	0,35
Erdäpfel	12,47	3,75	1,35
Weizen	20,51	20,50	9,64

Nahrungsmittel.	Aschenbestandtheile.	Stickstoff.	Phosphorsäure.
Mais	11,00	16,40	5,51
Hafer	31,74	17,87	4,73
Weizenstroh	51,90	3,00	1,61
Haferstroh	35,70	3,00	1,07
Kleeheu	73,50	21,00	4,63
Erbsen	30,00	38,40	9,03
Weisse Bohnen	35,00	45,80	9,38
Saubohnen	30,00	51,10	10,26

Im Mittel verhält sich hier die Phosphorsäure zum Stickstoff wie 1 : 3,5. Die grössten Abweichungen sind *in maximo* 1 : 4,9, *in minimo* 1 : 1,9. Wenn man die vier abweichendsten Fälle weglässt, so ist das mittlere Verhältniss wie 1 : 3,6 und die grössten Abweichungen sind 1 : 2,8 und 1 : 4,5. Dabei muss man bedenken, dass schon die Stickstoffbestimmungen, mehr aber noch die Bestimmungen der Phosphorsäure den grössten Schwierigkeiten unterliegen und daher wohl noch später bedeutende Berichtigungen erfahren werden.

V. Versuche von Kuhlmann über die Wirkung ammoniakalischer Düngerarten auf den Ertrag der Wiesen.

(Compte rendu 13. Nov. 1843.)

Die Versuche wurden angestellt im ziemlich regnichten Jahre 1843; die Düngesalze wurden am 28. März aufgebracht, die Ernte fand statt am 30. Juni. Die Resultate giebt folgende Tafel:

Nr.	Düngmittel.	Quantität auf die Hectare.	Ernte von der Hectare.	Stickstoffgehalt des Düngers.	Die gedüngte Wiese lieferte mehr als die ungedüngte.
		Kilogr.	Kilogr.		
1.	Kein Dünger	....	4000		
2.	Schwefelsaures Ammoniak	266	5233	50,08	1233
3.	Salmiak	266	5716	70,33	1716
4.	Salpetersaures Natron	266	5732	44,10	1763
		Litr.			
5.	Pferdeharn	21666	6240	349,27	2240
6.	Ammoniakalisches Wasser aus der Gasbereitungsanstalt zu Lille	5400	6300	?	2300
7.	Wasser aus den Thierkohlefabriken	21666	6493	938,14	2493
8.	Flämischer Dünger	21666	7433	43,22	3433

Bemerkungen über die Düngermittel.

Nr. 6. Dies Wasser war mit dem salzsauren Wasser aus den Leimfabriken neutralisirt und der gebildete Niederschlag von phosphorsaurem Kalk mit auf die Wiese gebracht.

Nr. 7. Durch das Auskochen der Knochen zum Behuf des Entfettens derselben gewonnen, enthält nach Entfernung des Fettes etwa 2½ % unreine Gelatine zu 16,98 % Stickstoff. (Das spec. Gew. habe ich zu 1,021 angenommen. Uebrigens enthält das Wasser natürlich auch alle auflöslichen Salze der Knochen, der anhängenden Adern, Häute, Sehnen etc.)

Nr. 8. Der flämische Dünger bestand in diesem Falle ausschliesslich aus Harn und

Koth der Menschen (*état normal?*), das spec. Gewicht nahm ich zu 1,05, den Stickstoffgehalt nach *Boussingault* zu 0,19 % an.

Die schnellste und auffallendste Wirkung zeigten Nr. 6, 7 und 8.

VI. Ueber die Vegetation der Futterwicke von Schleiden und Schmidt.

Wir besitzen über die chemischen Verhältnisse der Vegetation der Pflanzen so wenig brauchbare, unter richtigen Gesichtspunkten angefangene, und mit Consequenz durchgeführte Versuche, dass ein jeder Beitrag zur Zeit noch willkommen sein muss. Von dieser Ansicht geleitet, haben wir Unterzeichneten im physiologischen Institut eine Reihe von Untersuchungen unternommen, von denen wir die zuerst vollendete in ihren Resultaten hier vorlegen.

Wir haben deshalb die Futterwicke zuerst vorgenommen, weil voraus zu sehen war, dass die Untersuchung die am wenigst allgemeingültigen und deshalb am wenigsten werthvollen Resultate liefern würde. Wir mussten erwarten, dass die erste Untersuchungsreihe uns noch auf manche Mängel unserer Methoden führen würde und hielten es dafür für zweckmässig, auf die wahrscheinlich noch mit vielen Fehlern behaftete Arbeit nur das wenigst werthvolle Material zu verwenden. Die Vegetation der Futterwicke ist sehr unregelmässig, die Pflanzenindividuen sind zur selben Zeit ausserordentlich verschieden in ihrer Grösse und ihrem Entwickelungszustande, und bei dem allmäligen Reifen der Früchte, dem allmäligen Absterben der Blätter von Unten nach Oben, während die Spitze des Stengels sich immerfort entwickelt und zu blühen fortfährt, hat auch die Vegetation der Pflanze durchaus keinen festen Abschluss.

Gleichwohl ist die Arbeit weit über unsere Erwartung ausgefallen, und wir haben bei reiflicher Vorüberlegung im Lauf der Untersuchung nur wenig an unsern Methoden zu ändern und zu bessern gefunden.

Die Wägungen umfassen grösstentheils hunderte von Pflanzen, die mit aller Sorgfalt und möglichster Berücksichtigung aller individuellen Verschiedenheiten ausgewählt sind, so dass das mittlere Gewicht (gleichsam das Gewicht einer Normalpflanze) als ein sehr sicheres angesehen werden kann.

Die Wicken wurden gleichzeitig (d. 15. Mai 1845) ins freie Land (einem zum Kammergute Zwätzen gehörigen Acker) und in Töpfe gesäet, die mit derselben Erde gefüllt waren. Diese letzteren wurden am 2. Juni vorsichtig aufgenommen und bildeten das Material für die erste Periode. Sie hatten die ersten Blätter nach den Cotyledonen ziemlich entfaltet. Am 12. Juli wurden Pflanzen aus dem freien Lande genommen, die im Beginn der Blüthe standen und zum Theil schon einzelne Hülsen angesetzt hatten, diese wurden als Pflanzen zweiter Periode verarbeitet. Am 6. August wurden zum zweitenmal Pflanzen vom Felde geholt, an denen die meisten Schoten der Reife nahe waren, diese lieferten die dritte Periode. Endlich am 3. September wurden als Material für die vierte Periode zum dritten Male Pflanzen vom Felde entnommen, an denen alle Schoten vollkommen reif und nur an der Spitze der Pflanze noch grün waren.

I. Tabelle. Elementare Zusammensetzung der Wicken in 100 Theilen.

	C	H	N	O	Asche.
A. Stengel.					
1. Periode	44,93	6,125	9,11	31,70	8,135
2. -	43,905	5,70	4,49	33,485	12,42
3. -	45,40	6,11	2,93	34,02	11,54
4. -	45,01	5,83	2,36	34,67	12,13

	C	H	N	O	Asche.
B. Saamen.					
3. Periode	46,21	6,34	6,53	36,71	4,21
4. -	45,75	6,61	5,92	38,28	3,44
C. Hülsen.					
3. Periode	46,57	5,90	2,36	35,74	9,43
4. -	45,96	5,73	1,98	35,55	10,78

II. Tabelle. Gewicht einer Pflanze in Grammen.

A. Die ganze Pflanze enthält:

In der	Trockne Substanz.	Organische Substanz.	Anorganische Substanz.
1. Periode	0,0326	0,0303	0,0023 = 7,06 %
2. -	0,922	0,805	0,117 = 12,79 -
3. -	1,559	1,413	0,146 = 9,36 -
4. -	2,182	2,018	0,164 = 7,51 -

B. Vom Gewicht der ganzen Pflanze fällt

in der	auf	trockne Substanz.	Anorganische Substanz.
1. Periode.	Stengel . .	0,0125	0,00076 = 6,02 %
	Wurzeln . .	0,0072	0,00071 = 9,88 -
	Saamenschalen	0,0044	0,00041 = 9,22 -
	Cotyledonen .	0,0085	0,00045 = 5,23 -
		0,0326	0,00233

C. Vom Gewicht der ganzen Pflanze fällt

in der	auf	trockne Substanz.	Anorganische Substanz.
3. Periode	Stengel und Wurzeln .	0,876	0,1013 = 10,58 %
	Saamen . . .	0,379	0,0159 = 4,21 -
	Hülsen . . .	0,304	0,0286 = 9,43 -
		1,559	0,1458
4. Periode.	Stengel und Wurzeln .	0,689	0,082 = 11,90 %
	Saamen . . .	1,076	0,037 = 3,44 -
	Hülsen . . .	0,416	0,045 = 10,78 -
		2,181	0,164

Ein Saamen der 4. Periode wog 0,046 Grammen, genau ebenso viel, als derjenige der Aussaat; sein Aschengehalt betrug 0,00158 Grammen. Eine Pflanze trug im Durchschnitt 23 Körner.

Die Austrocknung der Pflanzen geschah durch einen trocknen Luftstrom von 115° C. mit Hülfe eines Aspirators und eines Oelbades. Die frischen Pflanzen verloren etwa 70% Wasser, bis sie lufttrocken wurden, und hielten dann noch 10—12% zurück.

Das Veraschen wurde in einem besonders dazu eingerichteten Muffelofen, bei reichlichem Luftzutritt, ausgeführt. Nach geschehener Veraschung wurde ein Tiegel mit kohlensaurem Ammoniak in die Muffel gesetzt und diese geschlosse bis

sie sich mässig abgekühlt hatte. Die noch warmen Aschen wurden in gut verschliessbare tarirte Gefässe gefasst und so gewogen.

Zur Elementaranalyse dienten die gewöhnlichen Apparate. — Die Pflanzen der ersten zwei Perioden liessen sich leicht in ein so feines, kaum fühlbares Pulver zerreiben, dass sie mit Kupferoxyd verbrannt werden konnten. Die Pflanzen der folgenden Perioden wurden zuerst auf einer Art Schrotmühle gemahlen, dann noch möglichst fein zerrieben; zu ihrer Verbrennung wurde chromsaures Bleioxyd genommen. Die Stickstoffbestimmung geschah durch Natronkalk, nach der *Will-Varrentrapp*'schen Methode.

III. Tabelle.

A. 1000 reife Saamen enthalten in Grammen:

C	H	N	O	Asche.
21,04	3,04	2,72	17,60	1,58

B. 1000 Pflanzen erster Periode enthalten in Grammen:

Stengel und Wurzel . . .	8,85	1,22	1,80	6,24	1,47
der Saame	5,90	0,85	0,76	4,94	0,85
	14,75	2,07	2,56	11,18	2,32

C. 1000 Pflanzen vierter Periode enthalten in Grammen:

Stengel und Wurzel . . .	310,11	40,17	16,26	238,87	83,57
Saamen	492,27	71,12	63,70	411,89	37,01
Hülsen	191,19	23,84	8,24	147,89	44,84
	993,57	135,13	88,20	798,65	165,42

D. Es enthalten	organische Substanz.	unorganische Substanz.	Summa.
1000 reife Saamen	44,40	1,58	45,98
1000 ganze Pflanzen erster Periode . .	32,60	2,33	34,93

Der Aschengehalt der auf Tabelle I. *sub A.* erste Periode angegeben ist, stimmt mit dem Tab. II. *sub B.* erste Periode nicht völlig überein, weil zur Aschenbestimmung und Elementaranalyse eine andere, vielleicht um ein unbedeutendes im Wachsthum differirende Quantität Pflanzen angenommen wurde.

Der Berechnung Tabelle III. *sub B.* liegt für die Quantität der trocknen Substanz von Stengel und Wurzel die Tabelle II. *sub B.*, für die Elementarzusammensetzung die Analyse Tab. I. *sub. A.* erste Periode zum Grunde, da ohne Zweifel die Pflanzen beider Portionen so wenig verschieden waren, dass unmöglich eine wesentliche Differenz in der Elementarzusammensetzung gleicher Theile eingetreten sein konnte.

Da für die Elementaranalyse der Saamenschalen und Saamenlappen der Pflanzen erster Periode uns kein Material mehr geblieben war, so ist in der Tab. III. *sub B.* für die organische Substanz derselben die Zusammensetzung des reifen Saamen substituirt worden, wobei allerdings wohl der Stickstoff etwas zu niedrig, der Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, etwas zu hoch angesetzt ist.

Die hier mitgetheilten Tabellen über die Resultate der Untersuchung geben einige interessante Verhältnisse, die wir kurz in Folgendem andeuten wollen:

1. Das Gewicht einer Pflanze in der ersten Periode verhält sich zum Gewicht des reifen Saamens, wie 1 : 1,29.

2. Den absoluten Gehalt an N. darf man bis zur ersten Periode als unverändert ansehen, während vom C, O und H etwa 1/3 verloren geht. Dieser erste Verlust ist durch die bekannten Erscheinungen des Keimungsprocesses leicht erklärlich. Auffallend dagegen ist es, dass sich schon in dieser Periode, während der Gehalt an organischer Substanz so bedeutend vermindert ist, doch der Aschengehalt um 47% vermehrt hat.

3. Von der ersten Periode bis zur vierten nimmt die Pflanze nicht nur im Ganzen an Gewicht zu, sondern es vermehrt sich auch die absolute Menge jedes einzelnen Bestandtheiles, den sie enthält, sie giebt von dem, was sie einmal aufgenommen, nichts wieder ab.

4. Während sich die absolute Menge des N in der Pflanze von der ersten Periode (ebenso vom Saamenzustande) bis zur vierten fast um das 32fache vermehrt, vermindert sich seine relative Menge im Stengel in derselben Zeit von 9,11% auf 2,36%. Je jünger also eine Pflanze ist, um so reicher ist sie an N.

5. Die Vermehrung des Kohlenstoffs ist 67-, die des Wasserstoffes 65fach von der ersten bis zur vierten Periode, vielleicht darf man beide als gleich ansehen, dagegen ist der Sauerstoff in derselben Zeit um das 71fache vermehrt, was auf Bildung organischer Säuren zu deuten scheint.

6. Der absolute Aschengehalt steigt von der ersten bis zur vierten Periode auf das 70fache, die bedeutendste Zunahme findet aber von der gekeimten Pflanze bis zum Anfang des Blühens statt, fast um das 51fache, und in dieser Periode ist der relative Aschengehalt am grössten.

7. Von der dritten zur vierten Periode vertheilt sich der Aschengehalt wesentlich anders in der Pflanze, indem sich die grössere Menge allmälig in die Saamen und Hülsen zieht und den Stengel verhältnissmässig aschenarm zurücklässt. Hierbei ist indess auch nicht zu vergessen, dass in der vierten Periode schon ein Theil der untern Blätter der Pflanze abgestorben und abgefallen ist.

8. Als ein allgemeines Resultat kann man noch aus diesen Untersuchungen ableiten, dass für die Einsicht in die Gesetze der Vegetation die bloss procentischen Gehaltsbestimmungen fast ganz ohne Bedeutung sind, und dass sie erst dann interessante Schlüsse erlauben, wenn man sie auf ein mittleres absolutes Gewicht der Pflanzen und Pflanzentheile beziehen kann.

Ob diese Andeutungen zu Gesetzen ausgedehnt werden dürfen, oder ob sie noch wesentliche Beschränkungen leiden, können erst fernere Untersuchungen lehren. Hier mögen diese ersten Anfänge als ein Beweis dastehen, dass das physiologische Institut wenigstens sich bestrebt, der Aufgabe nachzukommen, die es sich selbst gestellt.

(*Aus dem dritten Programm des physiologischen Instituts zu Jena.*)

B. Verzeichniss alter Bäume nach Moquin-Tandon

(Pflanzenteratologie, übersetzt von Schauer).

Man kennt	Jahren		Jahren
Palmen von	200, 300	Cedrus	200, 800
Cercis	300	Juglans	900
Chirodendron	327	Tilia	364, 530, 800, 825, 1076
Ulmus	355	Abies	1200
Cupressus	388	Quercus	600, 800, 860, 1000, 1400
Hedera	448	Olea	700, 1000, 2000
Acer	516	Taxus	1214, 1466, 2588, 2880
Larix	263, 576	Schubertia	3000, 4000
Castanea	360, 626	Leguminose	2052 — 4104
Citrus	400, 509, 646	Adansonia	6000
Platanus	720	Dracaena	6000

Erklärung der Kupfertafeln.

Tafel ohne Nummerbezeichnung.

Figur 1 bis 16. (Vergl. §. 14.)

Fig. 1. Inhalt des Embryosacks von *Vicia faba* bald nach der Befruchtung. In der hellen, aus Gummi und Zucker bestehenden Flüssigkeit schwimmen Körnchen von Proteinverbindungen (*a*), unter denen sich einzelne grössere auffallend auszeichnen. Um diese letzteren sieht man dann die ersteren zu einer kleinen Scheibe zusammengeballt und zuweilen zwei solche Scheiben mit einander verschmelzend (*b*). Um andere Scheiben erkennt man einen hellen scharf begrenzten Saum (*c*), der sich allmälig weiter von der Scheibe (dem Cytoblasten) entfernt und endlich deutlich als junge Zelle (*d*) erkannt wird.

Fig. 2. Junge noch sehr unregelmässige Eiweisszellen aus *Vicia faba* mit schönen wandständigen Cytoblasten und Kernkörperchen.

Fig. 3. Noch freier Cytoblast aus dem Embryosack von *Sanguinaria canadensis* mit drei sehr schönen hohlen (?) und einem festen Kernkörperchen.

Fig. 4. Aus dem Embryosack von *Pimelea drupacea* (*a*) fertige Cytoblasten mit Kernkörperchen. (*b*) Ein Cytoblast mit zwei Kernkörperchen. (c) Cytoblast mit drei Kernkörperchen und der sich um ihn bildenden Zelle.

Fig. 5. Cytoblasten aus dem Embryosack von *Fritillaria imperialis* in verschiedenen Bildungsstufen.

Fig. 6. Einige Zellen aus dem Saameneiweiss derselben Pflanze in richtiger relativer Grösse zur vorigen Figur. Die deutlichen Cytoblasten sind theils kugelig *a*, theils linsenförmig *b*, immer sind sie durch eine eigenthümliche Substanz fest mit der Wand verbunden.

Fig. 7. Reifes Pollenkorn von *Fritillaria imperialis* mit wandständigem Cytoblasten; die grosse Centralhöhle ist Folge der Endosmose.

Fig. 8. Zellen aus dem Saameneiweiss von *Pedicularis palustris*, bei *a* liegt die eine Wand der Zelle, bei *b* nur die Durchschnittsfläche der Zelle im Focus. Um den Cytoblasten sieht man eine grössere Menge der schleimig-körnigen Substanz, welche in kleinen Strömchen, die sich netzartig verbinden, auf der innern Fläche der Wand sich bewegt.

Fig. 14. Der erste Anfang der Embryobildung aus *Pedicularis palustris*. *a*, *b* und *c*, *d* deuten den Umriss des Embryosacks in der Gegend des eingedrungenen Pollenschlauchs an. Dieser ist am Ende im Embryosack schon kuglig angeschwollen und enthält hier zwei ganz junge Zellen und einen freien Cytoblasten, darunter im Träger befinden sich noch drei eirunde freie eben entstandene Zellen.

Fig. 9. Bildung der Hefenzellen im Johannisbeersaft, vergl. S. 146 ff. *a* Die erste Erscheinung fester (Protein?) Stoffe im klaren Safte. Diese Kügelchen gehen ganz allmälig in die Formen bei *b* über. Diese findet man im Safte suspendirt, wenn er anfängt zu opalisiren, ehe noch

die geringste Spur von Gasentwickelung und also von Gährung zu entdecken ist. Von *b* bis *c* giebt es ebenfalls alle Mittelstufen, *d, e, f* sind Hefenzellen in verschiedenen Stadien der Vermehrung begriffen.

Fig. 10. Zersetzung des reinen Protein im Zuckerwasser (unter Gährungserscheinungen), vergl. S. 146. *a* Ein kleines Stückchen Protein am unteren Ende in Körnchen (*b*) zerfallend. *d* Ein Stückchen Protein an einer Seite noch ganz scharfkantig, an der andern theilweise in Körnchen zerfallen, aus welchen ein kleiner zelliger Faden mit undeutlichem Anfang hervorging. *c* Verschiedene Formen der Zellenfaden, welche beim Gähren von Zuckerwasser mit reinem Protein und Proteinverbindungen aus diesen hervorgehen.

Fig. 11—13. Allmälige Entwickelung der Haare am Stengel und Blatt von *Glaucium luteum*. In der ursprünglichen langausgedehnten Oberhautzelle haben sich querliegende Zellen gebildet, die man deutlich als frei darin liegend erkennt. Bei *a* zeigt eine dieser Zellen zwei andere in ihrem Inneren, ebenso eine zweite darunter liegende, eine dritte noch tiefer liegende Zelle enthält nur zwei freie Cytoblasten.

Fig. 12. Ein Zustand etwas später als Fig. 11 bei *a*. Man erkennt sehr deutlich die Einschachtlung der Zellen in einander.

Fig. 13. Ein Theil des fertigen Haares. Von den Cytoblasten aller Zellen gehen netzförmig verbundene Strömchen aus. Dieselben sind aber nur bei den beiden mittleren Zellen in der Zeichnung wiedergegeben.

Fig. 15. Ganz früher Zustand des Embryo von *Sagittaria sagittaefolia*. Man sieht deutlich wie sich das anfangs leere Pollenschlauchende durch fortgesetzte Bildung von Zellen in Zellen zu einem kleinen zelligen Körper umbildet.

Fig. 16. Erster Anfang zu einem Oelgange in der Knolle von *Georgina variabilis*. In einer Parenchymzelle haben sich zwei freie Zellen gebildet, charakterisirt durch ihre Cytoblasten, diese haben bereits zwischen sich einen grossen Oeltropfen ausgesondert.

Figur 17—24. (Vergl. §. 18, 19 und 20.)

Fig. 17. Poröse Zellenwände aus *Abies excelsa a* im Querdurchschnitte. Man sieht die beiden primären Zellenwände deutlich getrennt (*Hartig's Eustathe*) und darauf die vom Porencanal durchbohrten Verdickungsschichten (*Hartig's Astathe* und *Ptychode*). *b* Der Längsschnitt zeigt bei *c* die einfache Wand der Zelle, bei *d* die doppelte Wand dieser und der anliegenden Zelle.

Fig. 18. Ein feiner Schnitt aus der Wand der Spiralfaserzellen im Blatt von *Oncidium* (*altissimum*?). *a* Die Spiralfasern erscheinen durch eine scharfe Linie von der ursprünglichen Zellenwand getrennt. Die Rinde jeder Faser ist bei den dünnern und also wahrscheinlich jüngern Fasern *b* noch nicht zu unterscheiden.

Fig. 19. Ein ähnlicher Schnitt wie in Fig. 18 aus dem Blatte von *Vanda teretifolia*, er erstreckt sich aber auf die Doppelwand zweier aneinanderliegender Spiralfaserzellen. Die Rinde jeder einzelnen Spiralfaser erscheint mindestens eben so dick als die doppelte Wand beider Zellen.

Fig. 20. Ein ähnlicher Schnitt durch ein Ringgefäss aus dem Stengel von *Arundo Donax*. Die Rindensubstanz der Ringfasern ist mindestens dreimal so dick, als die ursprüngliche Zellenmembran. Der Kern der Spiralfasern war durch Behandlung mit heissem Aetzkali aufgequellt und gallertartig hervorgetrieben, ohne dass die ursprüngliche Zellenwand und die Rindensubstanz der Spiralfiber dadurch verändert waren.

Fig. 21. In dem Stempelträger von *Magnolia grandiflora* nach der Blüthe finden sich sehr stark schichtenweise verdickte Zellen mit verästelten Porencanälen. Ein Theil der Wände zweier an einander stossender Zellen der Art zeigt die Figur. Die Porencanäle durchsetzen oft ganz rechtwinklich die Schichten, die ohne Modification des Gefügs unmittelbar die Wand der Canäle bilden. Eben so schön zeigt sich dieses in

Fig. 22. einem Stücke der Wand einer stark verdickten Zelle aus der Rinde von *Fraxinus excelsior var. jaspidea*.

Fig. 23. Ein paar Zellen aus der Knolle von *Georgina variabilis* mit zarten Spiralfasern.

Fig. 24. Eine Zelle aus der Wurzelhülle von *Oncidium altissimum* mit zarten Spiralfasern, welche an einigen Stellen spaltenartig aus einander weichen. Diese Spalten scheinen später auch zu einer wirklichen Durchlöcherung der primären Zellenwand Veranlassung zu geben.

Tafel I.

Figur 1—6. Kieselpanzer von *Navicula viridis*. (§. 82. S. 273.)

Fig. 1. Vordere Ansicht. In der Mittellinie zeigen sich zwei Spalten, jede die Hälfte der Länge einnehmend und in der Mitte wie an den Enden mit einer kleinen kreisförmigen Erweiterung endend, wie aus Fig. 3 und 4 noch deutlicher erkannt wird. Oben, Unten und in der Mitte finden sich auf der vordern wie auf der hintern Seite des Panzers verdickte Stellen der Kieselsubstanz (ähnlich dem Glastropfen am Boden einer Flasche), aber keineswegs ein rundes Loch, wie es bisher von vielen und selbst von *Ehrenberg* angegeben ist. Dass hier ein solches Loch, zumal in der Mitte, entschieden nicht vorhanden ist, zeigen unwiderleglich solche Fragmente, wie Fig. 3 und insbesondere Fig. 4, die sich leicht durch Zerdrücken des Panzers darstellen lassen. Zu beiden Seiten der Mittelspalten findet sich eine grosse Anzahl feiner Querspalten, welche je nach der Stellung des Focus schmäler oder breiter erscheinen. An dieser Stelle besteht der Kieselpanzer aus zwei auf einander liegenden Blättern; beide sind mit schmalen Spalten durchbrochen, welche sich da, wo beide Lamellen an einander stossen, etwas erweitern, wodurch sich die verschiedene Breite der Spalten bei verschiedener Einstellung des Focus erklärt. Fragmente, an denen sich dieser Bau deutlich darstellt (wie z. B. Fig. 6), erhält man ebenfalls häufig beim Zerdrücken der Panzer.

Fig. 2. Seitenansicht des Panzers. Man sieht hier deutlich die drei Verdickungen an jeder Seite durchscheinen, wobei noch deutlicher wird, was bei der ersten Ansicht schon aus dem Schatten zu schliessen war, dass die mittleren Verdickungen zugleich einer kleinen Vertiefung auf der Aussenfläche entsprechen. Die beiden Seiten des Panzers werden nur wenig von den Querstreifen in Anspruch genommen, in der Mitte bleibt eine breite glatte Fläche, welche der ganzen Länge nach von zwei parallelen einfach oben und unten geendeten Spalten durchsetzt ist. Was sich schon in der ersten Figur andeutete, ist hier noch auffallender, dass nämlich, wenn man die doppelten Contouren, welche die Dicke der Wand des Panzers bezeichnen, verfolgt, diese plötzlich oben und unten aufhören. Dieses deutet darauf, dass oben und unten sich ein Loch im Panzer befinde, was sich sogleich bestätigt, wenn man einen solchen Panzer, oder besser noch, einen querdurchgebrochenen von oben betrachtet. Leicht verschafft man sich diese Ansicht, wenn man Kieselguhr von Ebsdorff (Lüneburger Haide) in Gummischleim einknetet und vor dem völligen Erhärten mit einem Rasirmesser zarte Scheibchen davon abschabt. Fig. 5 zeigt einen solchen Querschnitt des obern Theils des Panzers.

Ein so künstlicher und complicirter Bau findet in der einfachen Pflanzenzelle durchaus keine Erklärung und scheint hier auch gar keine Bedeutung haben zu können. In allen wirklichen Pflanzen dagegen finden wir die Kieselerde durchaus in ganz anderer Form als vereinzelte kleine Schüppchen oder Tröpfchen, welche bald mehr bald weniger zusammenhängend in der Substanz der Zellenwand zerstreut sind.

Fig. 7. *Spirogyra quinina* (§. 82, S. 273).

Das Ende eines Fadens der Pflanze. Man erkennt eine dreifache Wandung der Zelle, zu äusserst den gelatinösen Ueberzug (*a*), welcher über alle Zellen des Fadens fortläuft, darunter folgt die eigentliche Zellenmembran (*b*). Beide sind ganz wasserhell und nur durch eine zarte schwarze Linie geschieden, deutlicher aber an den Fugen, wo zwei Zellen zusammenstossen, von einander zu unterscheiden. Die Zellenmembran ist auf ihrer inneren Fläche mit einer zarten, aber deutlich erkennbaren, blassgelblichen Schicht einer halbflüssigen schleimigen Substanz (*d*), aus Proteinverbindungen bestehend, ausgekleidet. Erst auf der inneren Fläche dieser Schicht liegen die am Rande gezackten Bänder von Chlorophyll (*e*), deren Grundlage wahrscheinlich Wachs ist. Diese Bänder sind nach Aussen hin rinnenförmig und nehmen hier eine glashelle, festere Substanz in der Rinne auf (*c*), welche sich deutlich als feste Substanz und nicht als blosser Zwischenraum markirt, wenn man den ganzen Faden mit Jodtinktur befeuchtet. In der Continuität dieser wasserhellen Substanz (Pflanzengallerte) finden sich einzelne grössere oder kleinere Körnchen (*f*), die wenigstens zu gewissen Zeiten aus Stärkemehl bestehen. Ungefähr in der Mitte der Zelle schwebt ein etwas länglicher Cytoblast (*g*), mit deutlichem Kernkörperchen, umgeben von einem kleinen Hofe schleimigen Stoffes, von welchem zarte Schleimströmchen nach allen Seiten hin bis an die Wand der Zelle gehen. Hier findet in der stickstoffhaltigen Schicht ebenfalls eine Circulation in zahlreichen, höchst veränderlichen, netzförmig sich mit einander verbindenden Strömchen Statt. Von einigen derselben ist in der Zeichnung die Richtung durch einen Pfeil angegeben. Diese

Strömchen sind so veränderlich, dass, wenn man von einer recht lebenskräftigen Zelle rasch das Stromsystem aufzeichnet und dann nach einer Viertelstunde die Zeichnung wieder mit der Natur vergleicht, oft auch nicht ein einziges Strömchen mehr in der früheren Bahn läuft. Zeichnet man die neu entstandenen Strömchen in die alte Zeichnung und fährt so von Viertel - zu Viertelstunde fort, so überzeugt man sich bald, dass nach und nach abwechselnd die ganze, die Zelle auskleidende Schicht stickstoffhaltiger Substanzen an der Bewegung in kleinen Strömchen Theil nimmt. Der übrige Zelleninhalt ist meist eine wasserhelle Flüssigkeit.

Fig. 8. Schimmelfaden, auf den Stengeln von *Passiflora alata* gewachsen, oberer Theil des Pflänzchens mit einem Seitenaste. Auch hier circulirt die stickstoffhaltige Schicht in kleinen Strömchen. Das Pflänzchen zeigt eine ziemlich vollständige Bildungsgeschichte der Pilzspore, wenn man z. B. die Stufen *a, b, c, d, e, f* vergleicht, während *g, g* die Narben abgefallener Sporen bezeichnen. Man vergleiche den Text S. 277 ff.

Fig. 9. *Borrera ciliaris.* Bildungsgeschichte der Spore. (S. 281.)

a Eine ausgewachsene Sporenhülle, erfüllt mit einem dicklichen Cytoblastem, in welchem man einzelne Zellenkerne erkennt. Die Wand der Sporenhülle ist gelatinös und sehr dick. *b* Ist eine bei weitem jüngere Sporenhülle. *c* Sind die Fäden, aus welchen die Scheibe der Sporenfrucht gebildet ist (vergleiche S. 281 und daselbst den Holzschnitt Nr. 119, *c*). *d* Eine Sporenhülle mit fast ausgebildeten Sporen. Wenn man die Sporenhülle in ihren verschiedenen Zuständen aus einigen Sporenfrüchten isolirt und ihren Inhalt genauer untersucht, so erhält man leicht die ganze Reihe der Zustände der Spore, wie sie von *e* (ein freier Cytoblast) bis *s* (eine völlig reife Spore) dargestellt sind. Man sieht in *f* die Bildung der primären einfachen Spore, in *g, h, i* das allmälige Zerfallen des Kerns, in *k, l, m* das Auftreten zweier Cytoblasten, um welche sich von *n — q* zwei Zellen organisiren, bis endlich bei *r* und *s* die primäre Spore aufgelöst ist und die Doppelspore vollendet erscheint.

Fig. 10. *Sphagnum cymbaefolium* (*A — E*) und *Polytrichum commune* (*F*). Bildung der Antheridien, vergl. S. 306.

A Jüngster von mir beobachteter Zustand der Antheridien. *B* Vollständig entwickeltes Organ, bestehend aus einem zelligen Stielchen und einem eirunden Säckchen, gebildet aus einer einfachen Zellenlage und einer grossen Centralzelle, wie sich das aus einem zufällig gelungenen Durchschnitte Fig. *D* deutlich zeigt. *C* Die Centralzelle durch einen leichten Druck isolirt und zersprengt mit austretendem Inhalt, bestehend aus Gummi, Zucker (?), Eiweiss und halb festen stickstoffhaltigen (?) Körnchen. *E* Der Inhalt der Centralzelle aus einer späteren Zeit, bestehend aus freien Cytoblasten und ganz zarten flachen Zellen, in denen man den Kern noch erkennt, welcher sich allmälig in die Länge zu strecken und in den sich bewegenden Spiralfaden umzubilden scheint. *F* Verschiedene Formen der beweglichen Spiralfäden (sogen. Spermatozoen). Offenbar ist der sogenannte Kopf hier etwas Unwesentliches, da seine Form so wenig Constantes zeigt.

Tafel II.

Figur 1 bis 11. *Pisum sativum;* Entwickelungsgeschichte des Blattes. (§. 130. S. 381.)

Fig. 1. Keimendes Pflänzchen. *a* Wurzel. *b* Saamenlappen. *c — f* Erstes bis viertes Blatt.

Fig. 2. Ein Saamenlappen von der innern Seite. Der scheidenförmige Blattstiel zeigt da, wo er in die Blattscheibe übergeht, zwei kleine Vorsprünge, die ersten Andeutungen von Nebenblättern und gebildet durch das gewaltsame Hervordringen des Knöspchens bei der Entwickelung.

Fig. 3. Erstes Blatt vom Rücken gesehen, schmal lanzettlich mit zwei lanzettlichen (sogen. angewachsenen) Nebenblättern.

Fig. 4. Zweites Blatt vom Rücken gesehen, schmal lanzettlich mit zwei grossen Nebenblättern.

Fig. 5. Drittes Blatt von vorne gesehen, mit einem Fiederpaar und zwei Nebenblättern.

Fig. 6. Terminalknospe. *a* Blatt eben angelegt. *b* Spitze desselben. *c* Endpunkt der Axe. *d* Eben entstehendes Blatt.

Fig. 7. Drittes Blatt von der vorigen Terminalknospe getrennt. *a* Nebenblätter. *b* Spitze des Blattes. *c* Fiederblättchen.

Fig. 8. Viertes Blatt von derselben Knospe. *a, b, c* haben dieselbe Bedeutung wie in der vorigen Figur.

Fig. 9 — 11. Drei Terminalknospen in verschiedener Ausbildung der Blätter von oben gesehen,

die Blätter der Fig. 11, *d*, 10, *e*, 9, *d*, 10, *e*, 11, *c*, 9, *c* bilden eine vollständige Entwickelungsreihe, zu welcher noch die der Fig. 10, *e* u. 11, *d* gegenüberstehenden jüngsten Zustände gezogen werden können. Es geht daraus mit unmittelbarer Evidenz hervor, dass die Nebenblätter die zuletzt erscheinenden Theile des Blattes sind, da sie an einer Stelle des Stengels entstehen, wo niemals eines der anderen Blatttheile sich befunden hatte. Es ist daher eine Verwechselung der Nebenblätter etwa mit dem ersten Fiederpaare auch zu irgend einer Zeit ganz unmöglich.

Figur 12 bis 20. *Canna exigua;* Entwickelungsgeschichte der Blüthen. (§. 145. S. 439.)

Fig. 12. Jüngster Zustand. Der Kelch (*a*, *a'*, *a''*) und der äussere Kreis der Blumenkrone (*b*, *b'*, *b''*) sind noch allein vorhanden, aber schon lange vorher ist durch den becherförmig sich ausbreitenden Blüthenstiel die Höhle des Fruchtknotens gebildet, wie noch deutlicher aus dem Längsschnitt dieser Blüthe Fig. 13 zu erkennen ist, wo *e* die Fruchtknotenhöhle bezeichnet.

Fig. 14. Ein etwas späterer Zustand. Auch der innere Kreis der Blumenkrone ist aufgetreten; mit dem äussern alternirend und mit jenem ebenfalls abwechselnd erscheinen am Rande der Fruchtknotenhöhle noch drei ganz kleine Erhebungen, einen vierten Blattkreis der Blume bildend. Diese Blüthe, senkrecht durchschnitten, gab die beiden Ansichten:

Fig. 15 und 16, in welchen die vier Blattkreise von Aussen nach Innen mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet sind. Der senkrechte Schnitt hat nicht ganz genau die Mitte der Blume getroffen.

Fig. 17. Stellt einen viel späteren Zustand vor (die ganze Blüthe war fast ³/₄ Zoll lang) und zwar von oben gesehen, nachdem die Blüthentheile etwa eine halbe Linie oberhalb des Fruchtknotens abgeschnitten waren, *d'* ist das Blatt des innersten Kreises, welches zu Staubfaden wird, *d''* das Blatt desselben Kreises, welches sich schon zum Staubweg zusammengefaltet hat und mit den Rändern bereits verwachsen ist, und *d* ist das dritte hierzugehörige Blatt, welches abortirt.

Fig. 18. Stellt dasselbe Blatt (17, *d*) im Längsschnitt der Blüthe von Innen gesehen dar.

Fig. 19. Ist ein etwas früherer Zustand des Staubwegs, ehe die Ränder des Blattes verwachsen, wie sich noch deutlicher im Querschnitt Fig. 20 zeigt.

Figur 21 bis 23. *Agrostis alba Schrad.* Entwickelungsgeschichte der Blüthe. (S. 446 und 456.)

Fig. 21. Sehr junges Aehrchen. *a*, *b* Die beiden Bracteen (*calyx Linné*, *glumae auct.*). *c* Die Blüthenhülle (*corolla Linné*, *paleae auct.*). *d* Staubfäden. *e* Fruchtknoten.

Fig. 22 und 23. Blüthe aus demselben Aehrchen von zwei Seiten gesehen. Die Buchstaben bedeuten in beiden Figuren dasselbe. *c'*, *c''*, *c'''* die drei noch völlig getrennten und auf gleicher Höhe stehenden Blätter der Blüthenhülle, von denen nun *c'''* schon etwas grösser als die andern beiden geworden ist (*palea inferior*), *c'* und *c''* verwachsen später (*palea binervis l. superior*), *d'*, *d''*, *d'''* die Staubfäden. Zwischen *d'''* und *d''* (Fig. 22) erkennt man ein kleines Wärzchen und neben *d'* (Fig. 23) zwei gleiche; diese drei auf gleicher Höhe entstandenen noch gleich grossen Wärzchen (Blätter) bilden eine Nebenkrone (*squamulae auct.*), das erste von ihnen schlägt bei weiterer Entwickelung der Blüthe fehl. Die drei Staubfäden (Fig. 22) schliessen den Fruchtknoten ein, aus welchem noch der Kern der Saamenknospe hervorragt.

Figur 24 bis 26. *Carex lagopodioides;* Entwickelungsgeschichte der weiblichen Blüthe. (S. 446 und 456.)

Fig. 24. Sehr junger Zustand der weiblichen Blüthe von oben gesehen. *a* Deckblatt abgeschnitten. *b*, *b'*, *b''* Die drei noch völlig freien Blätter der Blüthenhülle, von denen *b* und *b'* mit einander verwachsen und den flaschenförmigen Schlauch bilden, der später den Fruchtknoten umgiebt, während das dritte Blatt (*b''*) völlig fehlschlägt. Diese Blüthenhülle umschliesst ein noch nicht geschlossenes Fruchtblatt und letzteres den Kern der Saamenknospe.

Fig. 25. Dieselbe Blüthe von der Seite gesehen. *c* Fruchtblatt. *d* Kern der Saamenknospe. *b*, *b'*, *b''* wie in Fig. 24.

Fig. 26. Eine Blüthe in etwas späterem Zustande, die beiden Blüthenhüllblätter *b* und *b'* sind schon verwachsen und haben das dritte (*b''*) umschlossen, welches im Wachsthum zurückbleibt und endlich ganz verschwindet. *c* Der sich entwickelnde Fruchtknoten.

Tafel III.

Zur Entwickelungsgeschichte der Blüthentheile von *Passiflora* Figur 5 und 18 von *P. coeruleoracemosa,* die übrigen von *P. princeps.* (S. 449 und 460.)

Figur 1 bis 11. Entwickelung der Blüthentheile im Allgemeinen.

Fig. 1. Ein ganz früher Zustand der Blüthe (etwa $^1/_4$ Millimeter lang). Um den Markhügel in der Mitte (das Stengelende) stehen fünf Blattorgane (Kelchblätter), schon durch ihre Entwickelung etwas ungleich geworden und über den früheren Zustand der *foliatio valvata* (S. 401.) hinaus.

Fig. 2. Derselbe Zustand im Längsschnitt. Die gleichen Buchstaben bezeichnen die gleichen Kelchblätter. Man erkennt nach Aussen schon ein deutlich vom Parenchym gesondertes Epithelium.

Fig. 3. Späterer Zustand. Die Kelchblätter haben schon den Anfang des flügelförmigen Kiels auf ihrem Rücken. Die Knospenlage ist vollständig ausgebildet.

Fig. 4. Derselbe Zustand im Längsschnitt. Dieselben Buchstaben bezeichnen dieselben Kelchblätter, zwischen beiden sieht man ein Blumenblatt kürzlich entstanden, vor *b* ist ein zweites durchschnitten. Rechts und links von dem mittleren Blumenblatt sind zwei kaum merkliche Hügelchen, die beginnenden Staubfäden durchschnitten.

Fig. 5. Ein ähnlicher, kaum späterer, Zustand (Knospe mit den Bracteolen etwa 1$^1/_4$ Millimeter lang). Mit drei Kelchblättern wechseln zwei Blumenblätter ab und zwischen diesen zeigt ein ganz flaches Hügelchen die erste Erhebung eines Staubfadenblattes.

Fig. 4 und 5. Sind beide etwas weniger als die Hälfte der Blume, deshalb fehlt bei beiden die warzenförmige Endung der Axe in der Mitte.

Fig. 6. Ein späterer Zustand. Die fünf Kelchblätter sind entfernt, man sieht die fünf Blumenblätter und die jetzt schon deutlich erkennbaren Staubfäden mit ihnen abwechselnd. In der Mitte erhebt sich die Axe als Germen (*cauligenum?*) mit deutlicher Höhle, aber noch ohne Spur der Staubwege (Carpellblätter?).

Fig. 7. Noch späterer Zustand im Längsschnitt, die ganze Blume ist vollständig angelegt. *a* Kelchblatt im Längsschnitt, *a'* ein zweites vom Rande gesehen, *b* Blumenblatt, *a* und *b* auf einer becherförmigen Ausbreitung der Axe (Discus) *f* befestigt, *c* Staubfäden im Durchschnitt, *d* ein anderer von der Seite gesehen, *e* Stempel.

Fig. 8. Der Stempel derselben Entwickelungsstufe von Oben gesehen. Auf dem Rande des Fruchtknotens haben sich drei Carpellblätter gebildet.

Fig. 9. Grundriss der Blume in derselben Entwickelungsstufe nach einem Querschnitt dicht über dem Stempel gezeichnet. Die Blumenblätter zeigen noch die klappige Knospenlage.

Fig. 7 — 9. In diesem Zustande, wo alle Blattorgane vom Kelche bis zu den höchsten, den Carpellblättern, vollständig angelegt sind, zeigt sich auf dem *Discus* (*f*) auch nicht die allergeringste Spur der *Corona,* es kann dieselbe also durchaus nicht aus Blattorganen gebildet sein.

Fig. 10. Ein noch späterer Zustand in einem Theile des Längsschnittes. *a* Kelchblatt im Längsschnitt, *b'* Blumenblatt vom Rande gesehen, *c* Staubfaden durchschnitten, *c'* unterer Theil des Fruchtknotens, *f* Scheibe, auf welcher bei *g* die verschiedenen Formen der *Corona* anfangen sich zu erheben als blosse zellige (haarähnliche) Auswüchse.

Fig. 11. Fast vollständiger Längsschnitt der ganzen Blüthe aus noch späterer Periode. *a* Kelchblatt (untere Hälfte) nahe an dem flügelförmigen Kiel durchschnitten, *a'* Kelchblatt vom Rande gesehen, *b* Blumenblatt im Längsschnitt, *b'* ein anderes von der Kante gesehen, *c* ein Staubfaden von der Seite gesehen, *c'* unterer Theil eines Staubfadens durchschnitten, *d* Fruchtknoten (*germen cauligenum*) durchschnitten, an beiden Seiten die Anlagen zu den Saamenknospen in die Höhle hineinragend, *e* Staubweg (Carpellblatt) mit der Narbe von der Seite gesehen, *e'* ein anderer im Längsschnitt zeigt den Canal geöffnet, *f* Ausbreitung der Axe zwischen Kelch und Blumenblättern (Scheibe), *g* Fortsetzung der Axe oberhalb der Blumenblätter (Staubfadenträger), *h* Fortsetzung der Axe oberhalb der Staubfäden (Stempelträger), *i Corona.*

Figur 12 bis 18. Entwickelung der Anthere.

Fig. 12. Anthere im Querschnitt, aus Fig. 7. *a* Gruppe stark verdickter Zellen, *b* Anlage zum Gefässbündel, *c* Anlage zu den 4 Antherenfächerchen.

Fig. 13. Theil einer Antherenzelle im Querschnitt. Periode zwichen Fig. 7 und 10. *a* Epithelium, *b* bildungsfähigem Zellgewebe mit grossen Cytoblasten, aus welchem sich später die verschiedenen Lagen der Antherenklappen entwickeln, *c* Urmutterzellen für die Pollenbildung mit grossen parietalen Cytoblasten. Nachdem diese Zellen durch Bildung von Zellen in Zellen sich vollständig gebildet und angeordnet haben, entsteht in jeder Zelle noch eine einzelne Zelle, die dann vollständig und leicht daraus zu trennen ist, diese letzteren bleiben dann und zwar isolirt, wenn jene aufgelöst worden sind. In den nunmehr isolirten Zellen (Mutterzellen von *Nägeli*, ich möchte gerade diese Specialmutterzellen nennen) bilden sich vier freie Cytoblasten und um diese allmälig vier freie Zellen, einen solchen Zustand zeigt

Fig. 14. *A* Ist eine Mutterzelle, in der man 2 fertige (Pollen-)Zellen und einen Cytoblasten erblickt, der vierte liegt auf der andern Seite und ist deshalb nicht zu sehen. *B* Eine einzelne Pollenzelle, aus einer anderen Mutterzelle desselben Faches getrennt, zeigt einen grossen Cytoblasten und eine sehr deutliche Circulation in Strömchen. Die Pollenzellen selbst sind übrigens leer, die Mutterzellen dagegen voll eines trüben, schleimig-körnigen (besonders stickstoffhaltigen) Inhalts. Allmälig wird aber der Inhalt der Mutterzelle klar und gelatinös, während sich die vier Pollenzellen mit einem ähnlichen Stoffe füllen, als früher die Mutterzelle enthielt, so sieht man sie in

Fig. 15. Mutterzelle aus einer Periode, welche der Fig. 11 nahe vorhergeht. Bald darauf werden die Mutterzellen aufgelöst, die Pollenkörner nehmen ihre runde Form an und fangen an die äussere Pollenhaut abzusondern. In der Zeit hat sich auch das Zellgewebe der Antherenwand (Fig. 13, *b*) entwickelt und angeordnet sowie

Fig. 16. in einer etwas spätern Periode als Fig. 11 zeigt, in welcher die Pollenkörner aber schon ganz fertig sind (wie Fig. 17.). *a* Die nunmehr vollständig entwickelte Oberhaut. *b* Zellenlage in der sich deutlich Circulation in netzförmigen Strömchen zeigt (die spätere Spiralfaserschicht). *c* Tangential etwas gestreckte Zellen mit Chlorophyllkörnern. *d* Tangential noch mehr gestreckte Zellen, radial sehr abgeplattet mit trübem (stickstoffhaltigem) Inhalte. *e* Radial gestreckte schlauchförmige Zellen, in welchen noch ein Zellenbildungsprocess vor sich geht, die meisten enthalten zwei freie Zellen mit grossen Cytoblasten. Diese Zellen werden später völlig resorbirt.

Fig. 17. Pollenkorn völlig ausgebildet, bestehend aus der wesentlichen Pollenzelle und der Absonderungsschicht (äussere Pollenhaut). Diese hat vier kreisförmige Spalten, in welchen die Pollenzelle frei (unbedeckt) liegt.

Fig. 18. Durchschnitt durch die Pollenhaut. *c* Wesentliche Pollenzellenhaut, *b* Absonderungsschicht, *d* über dieselbe sich erhebende Leisten, aus derselben nur etwas dichteren Substanz gebildet und in die Absonderungsschicht eingefugt. Sie bilden die netzförmig verbundenen Leisten auf der ganzen Oberfläche des Korns. Die von ihnen gebildeten Lücken sind mit einer glashellen, festen, gelatinösen Substanz (*a*) ausgefüllt, vielleicht das Residuum der aufgelösten Mutterzellen.

Was ich über die Pollenentwickelung beobachtete, habe ich im Vorliegenden mitgetheilt, ähnliche Beobachtungen an anderen Pflanzen erwähnt der Text. Ob ich oder *Nägeli*, oder wir beide zur Zeit noch Unrecht haben, mag die Zukunft entscheiden.

Figur 19 bis 21. Entwickelung der Saamenknospe.

Fig. 19. Drei Saamenknospen aus einer Periode etwas früher als Fig. 11. *a* Ganz junge Saamenknospe noch als einfaches, aber schon etwas gekrümmtes Wärzchen (Knospenkern und Knospenträger ungetrennt). *b* Eine etwas weiter entwickelte Saamenknospe, an der sich schon das erste Integument gebildet, welches den Knospenkern an seinem Grunde umfasst und ihn so vom Knospenträger scheidet. *b'* Ein mittlerer Zustand im Längsschnitt (1. Spitze des Knospenkerns, Kernwarze. 2. Erhebung des ersten Integuments). In der Spitze des Knospenkerns sieht man eine auffallend vergrösserte Zelle mit Cytoblasten; diese ist der zukünftige Embryosack.

Fig. 20. Aus einer Periode etwas später als Fig. 11. *a* Saamenknospe, an welcher der Kern (1) schon mehr vom ersten Integument (2) und dieses schon vom zweiten (3) umschlossen ist, so dass nunmehr der Knospenträger (4) vollständig gesondert ist.

a' Eine gleiche Saamenknospe von vorn gesehen, *b* eine etwas weiter entwickelte im Längsschnitt des oberen Theils erklärt sich leicht aus Fig. 19, *b'* und Fig. 20, *a*.

c Eine abnormer Weise ungebogen gebliebene Saamenknospe. Bedeutung der Zahlen wie bei *a*. Auffallend markirt sich hier der Unterschied zwischen den schon in Längsreihen geordneten und (wegen lufterfüllter Intercellulargänge) schwarz umgrenzten Zellen des Knospenträgers (4) und dem rundlichen noch safterfüllten und sich fortbildenden Zellgewebe der Saamenknospe selbst.

Fig. 21. Vollständig ausgebildete (umgekehrte) Saamenknospe vor der Befruchtung im Längsschnitt. *a* Knospenträger, *b* äusseres Integument, *c* inneres Integument, *d* Knospenkern, *e* Embryosack, *f* Knospenmund, *g* Knospengrund, *h* Saamennath.

Figur 22 bis 24. Bildung der Narbe.

Fig. 22. Staubweg (*a*) und Narbe (*b*) wenig vergrössert.

Fig. 23. Theil des Staubwegs mit der Narbe im Längsschnitt. *a* Oberhaut, *b* Parenchym, *c* Canal des Staubwegs, in welchem Letzteren sich das zarte gelatinöse Parenchym der Narbe als leitendes Zellgewebe verliert, *d* Narbenpapillen.

Fig. 24. Eine einzelne Narbenpapille stärker vergrössert, mit zwei papillösen Zellen (*a*) endigend, zwischen welche sich später der Pollenschlauch eindrängt.

Tafel IV.

Zur Entwickelungsgeschichte des Embryo. (S. 516 und 521.)

Figur 1 bis 3. *Epilobium hirsutum.*

Fig. 1. Ein kleiner Theil der Narbe. *a* Pollenkorn mit den anhängenden Fäden (*b*) und zwei Pollenschläuchen (*c*), von denen der linke schon durch die Narbenpapillen (*d*) und in das Parenchym der Narbe (*e*) eingedrungen ist.

Fig. 2. Saamenknospe (*a*) und ein Theil des leitenden Zellgewebes (*e*) aus dem Fruchtknoten. Am leitenden Zellgewebe steigen die Pollenschläuche (*d*, *d*) herab, von denen einer (bei *b*) in den Knospenmund eintritt, *c* der Haarschopf der Saamenknospe in der Gegend des Knospengrundes.

Fig. 3. Längsdurchschnitt durch die vorige Saamenknospe. *a* Papillöse Oberhaut und *b* Parenchym der äusseren Knospenhülle. *c* innere Knospenhülle, *d* Knospenkern, *e* Saamennath, *f* Haarschopf in der Gegend des mehr links und seitlich liegenden Knospengrundes, g in den Knospenmund eintretender Pollenschlauch, *h* Keimsack.

Figur 4 und 5. *Orchis morio.*

Fig. 4. Bald nach Antreten der Pollenschläuche. *a* Inneres Integument frei herauspräparirt aus einer Saamenknospe, *b* Keimsack, welcher den Kern vollständig verdrängt hat, *c* Pollenschlauch.

Fig. 5. Aus einer Saamenknospe frei herauspräparirt. *a* der Pollenschlauch umgiebt deutlich als continuirliche Membran alle in ihm enthaltenen Zellen, von denen *b* den Embryo bildet, *c* dagegen den Embryoträger, welcher später lang aus der Saamenknospe herauswächst.

Figur 6 und 7. *Orchis latifolia.*

Fig. 6. Eine Saamenknospe im Längsschnitt. *a* Aeusseres Integument, *b* inneres Integument, *c*, *d* zwei Pollenschläuche, deren eingedrungene Enden sich zur Anlage zweier Embryonen entwickelt haben.

Fig. 7. Unterer Theil einer Saamenknospe im Längsschnitt. *a* — *d* wie in Fig. 6. Der Pollenschlauch *c* war an der rechten Stelle eingedrungen und hatte einen vollständigen Embryo gebildet, der andere dagegen war neben dem inneren Knospenmund vorbeigegangen, hatte sich zwischen das innere und äussere Integument hineingedrängt und hier ebenfalls einen rudimentären Embryo gebildet.

Figur 8 und 9. *Salvia bicolor*.

Fig. 8. Längsschnitt durch die Saamenknospe. *a* Oberhaut des einfachen Integuments (*b*), *c* die vom verdrängten Kern allein übrig gebliebene Oberhaut (*membrana nuclei Rob. Brown*), *d* Saamennath, *e* Embryosack, welcher sich bis über den Knospenkern hinaus in den Canal des Knospenmundes hinein ausgedehnt hat, *f* Pollenschlauch, eingedrungen bis in den Embryosack, woselbst er die erste Anlage des Embryo bildet.

Fig. 9. Pollenschlauch aus dem vorigen herauspräparirt. *a* Unterer leerer Theil nach Oben (in der untern Erweiterung des Embryosacks bauchig anschwellend), *c* oberer Theil wieder verdünnt und mit einigen Zellen gefüllt, welche später zum Embryoträger werden, *b* grosse kugelige Zelle im äussersten Ende des Pollenschlauchs gebildet, die Grundlage zum Embryo.

Figur 10 und 11. *Martynia diandra*.

Fig. 10. Längsschnitt durch die Saamenknospe. *a* Einfaches Integument, *b* die allein vom Knospenkern übrig gebliebene Oberhaut, *c* Embryosack bereits mit zartem Endosperm gefüllt, *d* Pollenschlauch, welcher hier durch die ganze Länge des Embryosacks bis fast zum Knospengrunde verläuft, *e* Saamennath.

Fig. 11. Pollenschlauch aus dem vorigen herauspräparirt, nach Oben eine grosse kugelige Zelle (*b*) umschliessend als Grundlage des künftigen Embryo; unter derselben noch einige Zellen, welche zum Embryoträger werden.

Figur 12 und 13. *Oenothera rhizorcarpa*.

Fig. 12. Längsschnitt durch die Saamenknospe. *a* Aeusseres, *b* inneres Integument, *c* Knospenkern, *d* Embryosack, *e* Pollenschlauch.

Fig. 13. Pollenschlauch aus dem vorigen frei präparirt. *a* Inneres Integument, *b* Knospenkern, *c* Embryosack, *d* Pollenschlauch, welcher zwischen innerem und äusserem Integument sehr unregelmässige Aussackungen macht, dann sich stark zusammenzieht, um durch den inneren Knospenmund zu dringen, und dann wieder breiter werdend (*e*) durch den Knospenkern geht, bei *f* eine bedeutende Anschwellung bildet (den späteren Embryoträger), dann sich abermals verengend endlich bei *g* zu einer kleinen Blase, dem künftigen Embryo, anschwillt. Da der ganze Pollenschlauch in seinem Safte sehr viel Eiweiss enthält, so wird er durch *Tinct. Iodinae* dunkel goldgelb und fast undurchsichtig und tritt dadurch noch deutlicher als ein Continuum hervor.

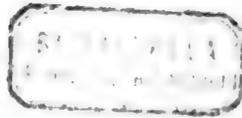
Figur 14 bis 16. *Mormordica elaterium*.

Fig. 14. Querschnitt durch den Fruchtknoten. *a* Die Saamenknospe, welche die folgende Figur darstellt.

Fig. 15. Längsschnitt durch die Saamenknospe und einen Theil des Saamenträgers. *a* Leitendes Zellgewebe, *b* eigenthümliche Gruppe Spiralfaserzellen im Knospenträger, *c* äusseres, *d* inneres Integument, *e* Knospenkern, *f* Embryosack, *g* Pollenschlauch.

Fig. 16. Spitze des Knospenkerns aus dem vorigen frei präparirt. *e*—*g* wie in der vorigen Figur. Im Embryosack sind Zellenkerne und junge Zellen, der Anfang eines vorübergehenden Endosperms, sichtbar. Der Pollenschlauch, vor seinem Eintritt in die Saamenknospe eine bedeutende unregelmässige Anschwellung bildend, dringt dann durch die langausgezogene Kernwarze und bildet als Grundlage des zukünftigen Embryo eine sehr bedeutende blasenförmige Anschwellung im Embryosack.





Register über die wichtigsten Kunstausdrücke.

C.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

Q.

R.

S.

Register über die vorkommenden Pflanzennamen.

U.

V.

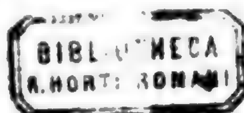
W.

X.

Y.

Z.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



Berichtigungen.

Seite	186	Zeile	5	von	unten	lies	vicia	statt vica.
,,	208	,,	12	,,	,,	,,	conferve	,, converfe.
,,	282	,,	14	,,	,,	,,	§. 89.	,, §. 88.
,,	358	,,	4	,,	oben	,,	Aletris	,, Alteris.
,,	422	,,	11	,,	,,	,,	genannten	,, sogenannten.
,,	494	,,	6	,,	,,	,,	apocynum	,, apocinum.





